

CONTENIDO

EPISTEMUS



UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS, Año 4, No. 9, Junio-Noviembre 2010, es una publicación semestral editada por la Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales, Colonia Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora. Tel. (662) 2592136 y (662) 2592157, www.uson.mx, www.ingenierias.uson.mx, pacheco@correom.uson.mx. Editor responsable: Rafael Pacheco Rodríguez. Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 173, 174, 175 y 189 de la Ley Federal del Derecho de Autor, 70 y 77 de su reglamento, el Instituto Nacional del Derecho de Autor, de la Secretaría de Educación Pública, otorgó el Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo en el género de Publicaciones Periódicas a la revista EPISTEMUS con la Reserva: 04-2010-020313043300. El ISSN está en trámite. Impresa por Color Express de México, S.A. de C.V. 12 de Octubre, No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora. Este número se terminó de imprimir el 30 de noviembre de 2010, con un tiraje de 1,000 ejemplares. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

EPISTEMUS está INDEXADA en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científica de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX) y en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias: PERIÓDICA. Puede ser consultada en forma gratuita por internet.

DIRECCIÓN

REVISTA EPISTEMUS
Universidad de Sonora
Unidad Regional Centro
Blvd. Luis Encinas y Rosales, Colonia Centro.
C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
Teléfono: (662) 2592157.
Correo: pacheco@coreom.uson.mx
Atn. Rafael Pacheco Rodríguez



UNIVERSIDAD DE SONORA

EDITORIAL

La educación, la cultura, la ciencia y la tecnología son los elementos fundamentales en los que se basarse el desarrollo de un país. Los que aplicaron estos elementos hace décadas el día de hoy son las grandes potencias económicas del mundo. El camino ya es conocido, invertir en educación y en investigación es sentar sobre bases firmes nuestro desarrollo. Países con la misma historia que el nuestro, como Brasil, Chile, Argentina, por citar algunos, están logrando un desarrollo importante de su economía, por que han formulado estrategias de desarrollo basadas en el conocimiento, en el fomento a la innovación científica y tecnológica para fortalecer la competitividad en el mercado global. Un común denominador es que van de la mano el gobierno (políticas públicas), los empresarios y las universidades: la Triple Hélice.

Sin embargo, en México no se está actuando en este marco, ya que el presupuesto que se destina a las universidades públicas es cada vez más escaso, y ni que decir del limitado apoyo que se brinda a la investigación científica y tecnológica. El pasado mes de noviembre se realizó en la ciudad de Puebla la Tercera Reunión de Vinculación de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior del país (ANUIES), en esta ocasión, participaron funcionarios públicos del gobierno federal, empresarios de corporativos importantes y universidades y tecnológicos de todo el país. Lo relevante de la reunión, es que se expuso la necesidad de impulsar conjuntamente proyectos estratégicos, trabajar en redes regionales de colaboración, formar recursos humanos calificados, fortalecer la innovación y la competitividad de las empresas con un sentido social. En las mesas de trabajo se puso énfasis en el gran potencial con que cuentan las Instituciones de Educación Superior en infraestructura física y recursos humanos.

La ruta para lograr el desarrollo sustentable de nuestro país ya se conoce, lo que hace falta es replicar y adaptar las experiencias exitosas de otros países, integrar esfuerzos, destinar recursos, trabajar todos los sectores organizadamente.

Una muestra del conocimiento que se genera en las universidades es la edición de la revista Epistemus la cual, nace como una preocupación de la Universidad de Sonora por divulgar el quehacer académico. Esfuerzos de este tipo se realizan en varias Instituciones de Educación Superior del país.

En este número se presentan las cuatro secciones: Investigación, Desde la academia, Políticas de ciencia y tecnología y Ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

En *Investigación*, sobresalen los artículos que tiene que ver con nuestro universo, con la formación de estrellas en particular, con la colaboración de investigadores de renombre tanto de la Universidad de Sonora como de la Universidad Nacional Autónoma de México y de otros países. Se aborda también el tema de limpieza de suelos contaminados, se expone el diseño de un prototipo de seguidor solar, el problema de las caídas de adultos mayores como factor de riesgo, entre otros.

La sección *Desde la academia* destaca tres temas: el sismo de gran intensidad que se presentó a principios de año en el noroeste del estado de Sonora y Mexicali, la investigación sobre el consumo del alcohol en los estados fronterizos y, finalmente, se presenta un avance sobre el cultivo de la planta del siglo XXI, la Moringa.

En la de *Políticas de ciencia y tecnología* se seleccionaron dos artículos, el primero propone un sistema de gestión ambiental para avanzar hacia la sustentabilidad de las universidades y el segundo presenta los resultados de un estudio sobre la gestión del conocimiento manufacturero de las pequeñas y medianas empresas de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

En *Ciencia, tecnología y sociedad*, se nos invita a conocer el posible orígen astronómico de las unidades de longitud del sistema inglés. Un tema de interés general y de gran preocupación, es el problema de la obesidad: un gran peso para Sonora. Un tema que nunca pierde vigencia, el agua, en este caso, el agua subterránea, visito desde el punto de vista de la física.

Como es costumbre se anexan las secciones de las noticias más relevantes del semestre, la gustada sección de breviarios de ciencia y un reto a su conocimiento de la ciencia: El cientigrama.

Si desea profundizar en alguno de los temas, se incluye el correo electrónico de los autores. Escribanos, externe sus comentarios o sugerencias al comité editorial.

BASES
PARA PARTICIPAR CON ARTÍCULOS O COLABORACIONES EN epistemus

La educación, la ciencia y tecnología son consideradas pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país, por eso es importante fortalecer el enlace entre los que generan el conocimiento y los beneficiados de ello: la sociedad. Uno de los aspectos que distingue a la Universidad de Sonora es la generación de conocimiento y su impacto que tiene en la sociedad. Es así como las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud crearon el proyecto editorial Epistemus el cual, constituye un medio de información y comunicación para dar a conocer, en forma comprensible, las investigaciones realizadas o en proceso, las actividades académicas, las reflexiones en torno a la ciencia y tecnología, la cultura científica y la sociedad, proyectos de vinculación y extensión de la cultura y los servicios.

OBJETIVO

Dar a conocer el conocimiento que se crea, genera y enseña en la Universidad de Sonora con finalidad de fortalecer la educación, la cultura científica y tecnológica y de la salud de los diversos sectores de la sociedad.

ÁREAS GENERALES DE CONOCIMIENTO

- Ingenierías: materiales, metalurgia, civil, minas, industrial, ambiental, hidráulica, sistemas de información, mecatrónica, alimentos, energía, agua, entre otras.
- Ciencias exactas y naturales: geología, física, matemáticas, electrónica y ciencias de la computación.
- Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuacultura, salud, biología, agricultura, entre otras.

DIRIGIDA A

A los sectores relacionados con la educación y la investigación, a empresarios, a dependencias gubernamentales, estudiantes de nivel medio superior y superior y sociedad en general.

CONTENIDO DE LA REVISTA

Artículos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, información sobre ciencia y tecnología, eventos relevantes, convocatorias, noticias relevantes, educación, cultura, etcétera.

ENFOQUE DE LOS ARTÍCULOS

- Los artículos reflejarán lo más trascendente de la producción académica, los proyectos de ciencia, tecnología y sociedad que se realizan en la universidad y en particular en las tres divisiones.
- Los artículos deberán de hacer mención de la trascendencia de lo expuesto, su impacto en la solución de problemáticas específicas de la sociedad, del sector industrial, de la educación, de la cultura, entre otras.
- Se incluirán artículos que integren y reflexionen en torno a la ciencia, la tecnología y la sociedad, que aporten elementos precisos que permitan profundizar en el análisis y proponer esquemas de colaboración entre los que producen el conocimiento y los beneficiarios o usuarios potenciales.
- El lenguaje escrito debe ser de divulgación, comprensible para un público no especializado de nivel bachillerato aproximadamente, empresarios y profesionistas de otras especialidades.

ARBITRAJE

Comprende dos aspectos:

1. Arbitraje académico: En todos los casos, los artículos serán arbitrados por pares académicos.
2. Arbitraje de divulgación: Se procurará que el lenguaje y el significado de lo expuesto no pierda la idea original al tratarlos como artículos de divulgación, para ello se contará con el apoyo en el arbitraje de académicos expertos en divulgación científica.

- Se les señalarán adecuaciones, modificaciones y sugerencias para que sean tomadas en cuenta por los autores. En todos los casos se definirán los tiempos para las correcciones.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS

- La extensión de los artículos será máximo de 15 cuartillas, con figuras y fotos.
- Incluir fotos y gráficos de buena calidad en jpg o tiff de máxima resolución.
- Utilizar tipo de letra arial de 12 puntos con doble espacio.
- Incluir los datos curriculares de los autores, especificando el área de adscripción, perfil profesional y correo electrónico.
- Las referencias bibliográficas deberán aparecer citadas en el texto con un número entre paréntesis y no ser mayores de 3 por párrafo.
- Al inicio del texto deberá hacerse una descripción breve del contenido del artículo que no sea mayor de 10 renglones y que dé una idea clara del contenido y logre interesar al lector.
- Respecto a los autores y coautores, el primero que aparezca será el líder; los cuales en el caso del ensayo podrán ser un máximo de 3 y para el caso de los resultados de investigaciones podrán ser hasta 5.
- Cuando la colaboración sea en la modalidad de ensayo, hacer uso de subtítulos que faciliten la lectura del texto.
- Para la presentación del artículo deberá de ser en dos versiones: electrónica e impresa en papel, las cuales deberán enviarse al director de la revista, al correo: pacheco@correom.uson.mx.
- De publicarse el artículo, el autor deberá firmar carta de cesión de derechos de autor, la cual se enviará al director de la revista una vez aprobada su publicación por el comité editorial.

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

- Fecha límite de recepción de artículos: 24 de marzo de 2011.
- Diseño e impresión: Junio 2011

Mayores informes: Con el responsable de la División correspondiente.

HETEROESTRUCTURAS DE CRISTALES FOTÓNICOS

JESÚS MANZANARES MARTÍNEZ, PAOLA CASTRO GARAY, RAÚL ARCHULETA GARCÍA, DAMIÁN MOCTEZUMA ESQUER

En este trabajo hacemos un resumen de la investigación que se realiza a nivel mundial sobre las heteroestructuras de cristal fotónico con la idea de poner en perspectiva los resultados que se han obtenido sobre este tema en el Departamento de Investigacion en Fisica de la Universidad de Sonora. Las heteroestructuras de cristal fotónico y en general, los cristales fotónicos son una nueva clase de materiales artificiales con los cuales puede ser posible, en principio, desarrollar una revolución tecnológica similar a la que ocurrió con la industria de la electrónica a mediados del siglo pasado con el advenimiento del transistor.

DR. JESÚS MANZANARES MARTÍNEZ
jmanza@cifus.uson.mx

DRA. PAOLA CASTRO GARAY
Correo: paola@cifus.uson.mx

M.C. RAÚL ARCHULETA GARCIA
Correo: archuleta@posgrado.cifus.uson.mx

M.C. DAMIÁN MOCTEZUMA ESQUER
Correo: bersek_no1@hotmail.com
Departamento de Investigación en Física
Universidad de Sonora

CRISTALES FOTÓNICOS

La explotación tecnológica de los cristales electrónicos ha dado lugar a una de las más importantes revoluciones de la historia de la ingeniería, permitiendo un mundo moderno lleno de avances tecnológicos gracias al desarrollo de la electrónica. La mecánica cuántica que explica las propiedades de los electrones en diferentes materiales también ha permitido estudiar diversos aspectos de la interacción entre la radiación y la materia, como por ejemplo la emisión espontánea. En el interés de controlar la emisión espontánea que existe en ciertos materiales surgió el concepto de una nueva clase de materiales artificiales capaces de interaccionar con las ondas electromagnéticas en un nivel estructural: los cristales fotónicos [1].

Históricamente, fue Bykov en 1972 [2] el primero en proponer que la emisión espontánea que un cierto átomo produzca podría ser reducida o inhibida colocándolo en una red periódica en la escala de la longitud de onda de la radiación para evitar el decaimiento del átomo en las bandas prohibidas. Sin embargo, este primer estudio no produjo mucho interés en el tema de la inhibición de la emisión espontánea en la comunidad científica.

El verdadero despertar en el interés acerca de la inhibición de la emisión espontánea tuvo que esperar hasta que fueron publicados dos trabajos, que desde enfoques distintos propusieron los llamados cristales fotónicos. Estos trabajos fueron realizados en 1987 por Eli Yablonovitch y Sajeev John. Desde entonces los cristales fotónicos han sido el objeto de un intenso trabajo de investigación, tanto por sus novedosas propiedades físicas, como por sus potenciales aplicaciones tecnológicas [3].

Los cristales fotónicos usualmente están compuestos por la repetición periódica de una celda unitaria en una, dos o tres dimensiones en donde existen dos materiales de diferente índice de refracción. En la Figura 1 presentamos una ilustración de la geometría de los cristales fotónicos. En estos materiales la periodicidad juega un papel muy importante, ya que debido a fenómenos de interferencia, se espera que existan bandas de energía permitidas y gaps de energía prohibidos. En las bandas las ondas se ''conducen'' a través de la red cristalina y en los gaps el material se considera un ''aislante'', ya que las ondas no pueden propagarse. La periodicidad de los cristales fotónicos generalmente está en el rango de la longitud de onda de la luz visible (380-750 nm).

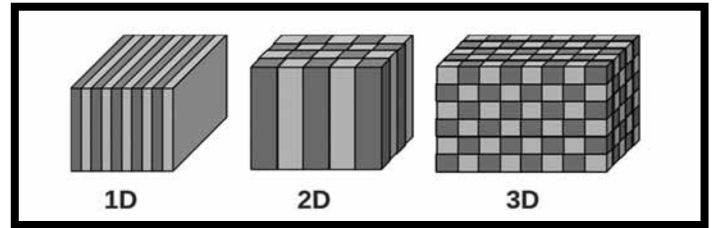


Figura 1. Cristales fotónicos con periodicidad en una, dos o tres dimensiones. Presentamos en diferentes tonos de grises los segmentos con diferentes índices de refracción.

Los cristales fotónicos tridimensionales son análogos a las redes cristalinas formadas por varios elementos o compuestos químicos (Si, Ge, Cl, NaCl, etc) en donde la periodicidad de los átomos da lugar a la interferencia de los electrones con la red, produciéndose las bandas de energía electrónicas que son comunes en la física del Estádo Sólido. Algunos materiales presentan cierta forma de su estructura de bandas electrónicas que los definen como ''semiconductores electrónicos'' o más comúnmente, semiconductores. Hoy en día la industria de la electrónica, telecomunicaciones y la computación está basada en la explotación tecnológica de estos semiconductores.

Los cristales fotónicos son una nueva clase de materiales artificiales que pueden ser considerados ''semiconductores ópticos''. Se espera que sea posible a través de estos nuevos semiconductores ópticos, por primera vez en la historia, lograr confinar, guiar y manipular el campo electromagnético y en particular, la luz en forma nunca antes vista. En este momento estámos empezando a comprender las posibilidades que tienen los cristales fotónicos para la tecnología del mañana.

En este punto es conveniente ilustrar lo importante que es hoy en día el control de la luz y para ello consideremos como ejemplo el uso de la fibra óptica para la transmisión de internet. No existe una forma más rápida de transmisión de la información que la luz en una fibra óptica. Sin embargo, aunque la información de internet se transmite por luz por medio de una fibra óptica, la manipulación de está información se hace en las computadoras por medio de la electrónica. El reto tecnológico de los cristales fotónicos es diseñar dispositivos que manipulen los fotones en lugar de los electrones y crear, en principio,

una tecnología alternativa a la electrónica en la que se manipulen fotones [3].

Para su explotación tecnológica, los semiconductores electrónicos han dejado una lección: el uso de heteroestructuras. Una heteroestructura está formada por dos o más redes cristalinas diferentes. En la Figura 2 mostramos una heteroestructura de cristal fotónico. Está heteroestructura está compuestá por la unión de dos redes diferentes. En el lado izquierdo, tenemos una red compuestá por los materiales A y B. En el lado derecho tenemos una red compuestá por los materiales C y D.

Un gran ejemplo de uso tecnológico de heteroestructura es el transistor de estádo sólido, el cual dio origen a la era de la electrónica. El transistor básico está compuesto por tres diferentes redes cristalinas que se unen para lograr el control del flujo de electrones. Esto se logra combinando convenientemente las propiedades de sus diferentes bandas de energía y gracias a una minúscula, pero muy significativa, inyección externa de electrones para sintonizar la banda de uno de los materiales.

En el Departamento de Investigacion en Fisica, los autores se han dedicado a estudiar las heteroestructuras de cristal fotónico. En particular, nuestra meta es la de lograr ''aislantes" ópticos a partir de heteroestructuras de cristal fotónico las cuales tengan una banda prohibida gigante, que no sea usual encontrar en cristales fotónicos canónicos.

A continuación vamos a hacer una breve revisión histórica del estudio teórico de los cristales fotónicos buscando poner en perspectiva las contribuciones de una serie de trabajos de investigación que hemos desarrollado sobre este tema.

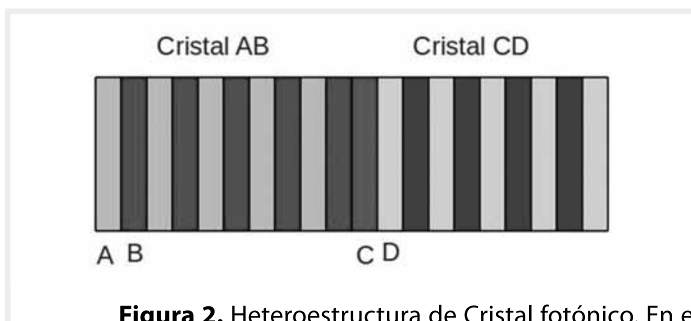


Figura 2. Heteroestructura de Cristal fotónico. En e lado izquierdo se muestra un cristal compuesto por los materiales A y B. En el lado derecho está otro cristal, compuesto por los materiales C y D.

LA DIFICULTAD DE OBTENER CRISTALES FOTÓNICOS EN EL RANGO DEL VISIBLE

Después de haber sido propuestá la idea de los Cristales Fotónicos comenzaron los primeros estudios teóricos para encontrar la estructura tridimensional especifica en la que se pudieran encontrar efectivamente los gaps de energía prohibidos para ondas electromagnéticas. Los primeros resultados teoricos se hicieron en forma errónea [4], ya que se utilizó una aproximación escalar, muy parecida a la ecuación de onda de Schrodinger, para resolver la ecuación de onda electromagnetica y se predecían gaps de energía en donde en realidad no existen en el experimento. El problema de este primer cálculo teórico radica en que cuando se busca la estructura de bandas en cristales fotónicos es necesario tomar en cuenta la naturaleza vectorial de las ecuaciones de Maxwell para plantear la ecuación de onda en forma apropiada.

La primera estructura que en forma exitosa demostró experimentalmente la existencia de gaps de energía prohibidas fue la Yablonovita en 1991 [5]. La Yablonovita es una estructura cúbica centrada en las caras que se obtiene taladrando agujeros en un bloque de material dieléctrico. Está estructura fue posible fabricarla en el rango de las microondas, pero no en el rango del visible.

Para lograr un cristal fotónico en el rango del visible, han sido propuestos diferentes métodos, como los basados en micro-fabricación, autoensamblado y holografía laser. Muchas estructuras han sido fabricadas en las frecuencias del microonda y en el infrarrojo cercano, pero aun sigue siendo muy dificil fabricar estructuras con bandas prohibidas en el visible [6].

¿Por qué es tan difícil conseguir estructuras con gap completo en el visible? La respuestá es extensa ya que cada estructura tiene sus problemas particulares, sin embargo se puede dar una respuestá en términos generales; la mayoría de las técnicas de fabricación sólo permiten la utilización de materiales de bajo índice de refracción. Se ha demostrado por varios análisis teóricos que la estructura de bandas con un gap completo sólo podrá existir cuando se pueda construir un cristal fotónico con una modulación en su índice de refracción más grande que 2 [7]. Hasta el momento no existe ninguna estructura tridimensional que permita fabricar estructuras con ese índice [6].

Los ópalos artificiales alguna vez se constituyeron como una estructura con la cual se podría lograr

estructuras en las que se pudiera conseguir una banda completa en el visible. Sin embargo, estos ópalos se construyen a partir de una técnica de auto ensamblado químico, en donde unas pequeñas esferas de material dieléctrico se organizan en una estructura compacta cúbica centrada en las caras, dejando intersticios de aire. Por mucho tiempo, se pensó en la idea de lograr ópalos inversos, llenando estos intersticios de aire con un semiconductor de alto índice de refracción. El problema con estás estructuras es que existe desorden. En el 2000, Li and Zhang [8] reportaron que un 5% de desorden estructural destruye la banda completa. Hasta las mejores estructuras de ópalo tienen más de esa cantidad de desorden. De está forma, con los ópalos nunca se ha logrado fabricar una estructura con gap completo en el visible.

Es necesario remarcar que el problema no es que nunca se haya logrado una estructura con gap en el visible. Muchas estructuras dan gaps en el visible. Los ópalos naturales dan gaps en el visible y se puede observar el gap a simple vista. El problema es que este gap es unidireccional, en una sola dirección cristalográfica. Usualmente la dirección TL para una estructura cúbica centrada en las caras. El gap completo debe de ser verificado para todas las direcciones del espacio. Eso es un poco difícil, ya que se debe de cribar la estructura y lograr hacer experimentos de reflexión/transmisión para diferentes planos cristalinos o bien, experimentos con variación de ángulo de incidencia. Hasta ahora, ninguna estructura tridimensional ha demostrado lograr un gap completo en el rango del visible.

LA INVESTIGACIÓN ACTUAL EN CRISTALES FOTÓNICOS

Aunque el estudio de los cristales fotónicos comenzó con estructuras tridimensionales en donde se buscaba el gap completo, pronto se introdujo la clasificación de cristales en una (1D), dos (2D) o tres dimensiones (3D). Los cristales fotónicos 3D probablemente han perdido hasta el momento la batalla en cuanto a lograr la construcción de una estructura con gap completo en el visible [6]. Sin embargo, han surgido nuevos fenómenos de gran interés científico, tales como la supercolimación, superprisma, refracción negativa, entre otros fenómenos que están siendo actualmente investigados en estructuras 3D con la idea de desarrollar nuevos dispositivos. Cabe decir en este punto, que el campo de los cristales fotónicos ha dado lugar, de alguna forma, al nacimiento o impulso de nuevos campos, tales como los metamateriales y la plasmónica [9].

Los cristales fotónicos en 2D son estructuras que tienen periodicidad en un plano y permanecen invariantes en la dirección perpendicular al plano. Estos cristales rápidamente mostraron gaps completos en el plano de la periodicidad [10] y recibieron un gran impulso con Thomas Krauze en 1996 [11], ya que propuso que la mayoría de los dispositivos que se esperaba desarrollar a través de los cristales fotónicos se podían hacer en una geometría 2D. La idea puede explicarse parcialmente si se considera que la tecnología de las tabletas electrónicas que contienen varios circuitos integrados es una ''geometría bidimensional''. Se propuso entonces que los dispositivos basados en cristal fotónicos sólo necesitarían cristales en 2D y dejar el confinamiento en la dirección perpendicular al plano a estructuras 1D. La idea tuvo un gran impacto. La mayoría de la investigación en cristales fotónicos que se hace actualmente es en estructuras 2D, especialmente aquellas investigaciones relacionadas al desarrollo de circuitos y dispositivos fotónicos.

Los cristales fotónicos en 1D por su parte, ya existían antes de que se les llamara de esa forma. Antes se les llamaba multicapas. Se utilizaban principalmente para hacer espejos, en especial, estructuras de cuarto de onda. En libros clásicos, tales como el Born [12] se presentan métodos de cálculo de reflexión y transmisión de estás estructuras, en particular, el Método de Matriz de Transferencia. A pesar de su larga existencia, las estructuras en 1D siguen siendo importantes en el campo de cristales fotónicos ya que son estructuras sencillas en donde pueden explorarse fenómenos complicados. Por ejemplo, la emisión espontánea [13], los modos de superficie [14] y los estádos Tamm. También puede considerarse que cuando se buscaba entender las estructuras metamateriales se comenzó con estructuras en 1D [15]. En nuestra investigación sobre heteroestructuras hemos procedido de la misma manera y hemos desarrollado un amplio estudio de sistemas en 1D, ya que apenas se está explorando las posibilidades de estás configuraciones.

Existe un punto importante que deseamos mencionar. El uso tecnológico de las heteroestructuas electrónicas -el transistor- fue posible gracias a que se logró una manipulación activa mediante un parámetro externo de la estructura de bandas de uno de los materiales. En términos simples, la corriente de electrones que pasa a través de la heteroestructura puede ser controlada a partir de una corriente de electrones externa. Para el caso de los

cristales fotónicos, no queda muy claro cómo va a ser posible manipular mediante un parámetro externo la estructura de bandas. Si el parámetro externo que modifica la estructura de bandas es la temperatura [16] o una inyección de portadores [17], estos mecanismos son muy lentos para el desarrollo de dispositivos fotónicos activos. Incluso la sintonización con cristales líquidos puede considerarse como un mecanismo lento [18]. Lo que se necesita es la manipulación de luz con luz y hasta este momento, esa manipulación sólo parece posible a través de fenómenos no-lineales.

EL ESTUDIO DE HETEROESTRUCTURAS

Las primeras heteroestructuras fotónicas tridimensionales fueron basadas en ópalos artificiales [18] y diversas técnicas de micro-maquinado. Desde entonces ha existido un buen número de trabajos experimentales acerca del tema, aunque existen pocos trabajos teóricos [19]. Al parecer, las técnicas de fabricación de ópalos artificiales se adapta muy bien a la producción de heteroestrucuras. Sin embargo, la heteroestructura de ópalo hereda los inconvenientes de los ópalos artificiales: el desorden [8]. Dado que el gap aprovechable del ópalo sólo existe en una dirección, no se ve muy claro en qué forma las heteroestructuras de ópalo puedan ser superiores a las heteroestructras en 1D. Por otra parte, las heteroestructuras obtenidas por técnicas de micro maquinado parecen ser muy difíciles de construir [20]. Una estructura de micro maquinado, debido a las limitaciones técnicas, usualmente es fabricada con pocos periodos. Las estructuras de bajo índice y pocos periodos dan como resultado pobres propiedades ópticas.

En la práctica se exige la construcción de un gran número de celdas unitarias. La investigación sobre heteroestructuras en 2D, con la idea de obtener gaps gigantes es escasa. Sin embargo, recientemente se han reportado estructuras bidimensionales de bajo índice de refracción fabricadas con técnicas de silicio poroso [21] en donde seria pertinente realizar estudios para buscar ensanchamiento de la banda prohibida similares a los que hemos realizado en los cálculos en estructuras 1D.

Las heteroestructuras unidimensionales han sido más extensamente estudiadas. El primer trabajo que reporta un análisis sobre heteroestructuras unidimensionales fue realizado por H. Miyazaki et al en 1996 [22] analizando las posibilidades de localización de campo electromagnético. El primer trabajo en donde se busco un gap gigante en una heteroestructura fotónica fue realizado en 1998 por J. Zi et al en 1998 [23] En este trabajo se estudió la superposición de los gaps de dos redes diferentes, pero ambas de alto contraste dieléctrico. En el 2000, estos mismos autores extendieron el estudio de heteroestructuras al caso de múltiples redes cristalinas [24]. En ese mismo año aparecieron los primeros resultados experimentales que reportaban la fabricación de heteroestructuras fotónicas, en particular, fabricadas con la técnica de silicio poroso. Desde entonces, se ha desarrollado una gran cantidad de artículos de investigación en el campo de heteroestructras fotónicas unidimensionales, entre los cuales se encuentran los que se describen a continuación.

LAS APORTACIONES DE NUESTRO GRUPO

Nuestra investigación ha sido apoyada por tres proyectos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se han realizado tres tesis de Maestria en estos temas y actualmente está por finalizar una tesis de doctorado. Se han publicado más de 10 artículos en este tema.

Algunos resultados destácados se enumeran a continuación:

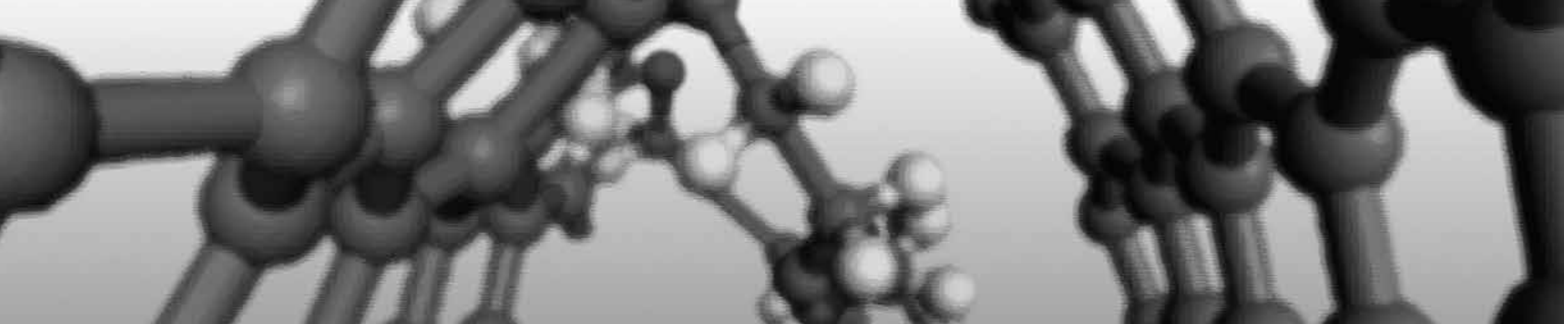
• En la Referencia [25] se presenta una forma detallada para calcular la estructura de bandas en un cristal fotónico.

• En la Referencia [26] presentamos una forma de calcular la velocidad de grupo de un cristal fotónico por medio de un cálculo directo de la estructura de banda.

• En la Referencia [27] presentamos un método que desarrollamos para estudiar heteroestructuras que están construidas con materiales de alto índice de refracción basado en el cálculo de una supercelda, en donde, debido a la complejidad de la estructura de bandas, buscamos la forma en la que la velocidad de grupo pudiera ayudarnos a discriminar la existencia de un gap gigante.

• En la Referencia [34] presentamos un método para crear un gap gigante para heteroestructuras de bajo índice de refracción.

• En la Referencia [28] se considera la optimización de un gap omnidireccional también para el caso de heteroestructuras de bajo índice de refracción.



Actualmente estámos trabajando para diseñar una heteroestructura con un gap gigante para ondas elásticas y de sonido. Existieron además algunos trabajos que no los hemos incluido en este resumen [29] [30] [39], pero que exploran otros aspectos interesantes de heteroestructuras fótonicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. E. Yablonovitch, Physical Review Letters 58, 2059 (1987).

2. V. P. Bykov, Soviet Physics JETP 35, 269 (1972).

3. J. Joannopoulos, R. Meade y J. Winn, "Photonic Crystals", Editorial Wiley, New York (1995).

4. S. Satpathy, Z. Zhang y M. R. Salehpour, Physical Review Letters 64, 1239 (1990).

5. E. Yablonovitch, K. M. Leung, Physical Review Letters 67, 2295 (1991).

6. T. Zhai, D. Liu y X. Zhang, Frontiers of Physics in China 5, 266 (2010).

7. Y. C. Zhong, Applied Physics Letters 87, 061103 (2005).

8. Z. Li y Z. Zhang, Physical Review B 62, 1516 (2000).

9. S. Zouhdi, A. Vinogradov, "Metamaterials and Plasmonics: Fundamentals Modelling and Applications", Editorial Springer-Verlag, New-York (2008).

10. M. Plihal y A. Maradudin, Physical Review B 44, 8565 (1991).

11. T. F. Krauss y S. Brand, Nature 383, 699 (1996).

12. M. Born, Principles of Optics, Editorial Wiley, New York (1999).

13. J. Manzanares-Martinez y P. Castro-Garay, Journal of Electromagnetic Waves and Applications 24, 1867 (2010).

14. F. Ramos-Mendieta y P. Halevi, Journal of the Optical Society of America B 14, 370 (1997).

15. D. R. Smith, Physical Review B 65, 195104 (2002).

16. J. Manzanares-Martinez, F. Ramos-Mendieta y P. Halevi, Physical Review B 72, 035336 (2005).

17. J. Manzanares-Martinez, F. Ramos-Mendieta y P. Halevi, Applied Physics Letters 87, 101110 (2005).

18. S. G. Romanov, Journal of Physics: Condensed Materials 12, 8221 (2000).

19. Q. Yan, Langmuir 24, 1796 (2008).

20. Y. Li y X. Ki, Applied Physics A 99, 117 (2010).

21. R. J. Martin-Palma, Applied Physics Letters 89, 053126 (2006).

22. H. Miyazaki, Y. Jimba y T. Watanabe, Physical Review A 53, 2877 (1996).

23. J. Zi, J. Wan y C. Zhang, Applied Physics Letters 73, 2084 (1998).

24. C. Zhang, Journal of Applied Physics 87, 3174 (2000).

25. R. Archuleta-Garcia, M. B. Manzanares-Martinez, J. Manzanares-Martinez, Revista Boliviana de Fisica 13, 79 (2007).

26. R. Archuleta-Garcia, J. Manzanares-Martinez, Superficies y vacio 21, 18 (2008).

27.R. Archuleta-Garcia, B. Manzanares-Martinez y J. Manzanares-Martinez, Revista Mexicana de Fisica 53, 371 (2007).

28. J. Manzanares-Martinez, R. Archuleta-Garcia, P. Castro-Garay, D. Moctezuma-Enriquez, Manzanares-Martinez M. B., Urrutia-Banuelos E., enviado al Optics Express (septiembre, 2010).

29. J. Manzanares-Martinez, P. Castro-Garay, R. Archuleta-Garcia, D. Moctezuma-Enriquez, enviado al Superficies y Vacio (septiembre, 2010).

30. J. Manzanares-Martinez, R. Archuleta-Garcia, D. Moctezuma-Enriquez, Latin American Journal of Physics Education 4, 320 (2010).

INVESTIGACIÓN

FORMACIÓN DE BURBUJAS Y CASCARONES ALREDEDOR DE ESTRELLAS DE ALTA MASA

BRENDA PÉREZ RENDON, ALFREDO SANTILLÁN, GUILLERMO GARCÍA SEGURA Y LILIANA HERNÁNDEZ CERVANTES

Las burbujas estelares son estructuras gaseosas de gran belleza y complejidad que rodean a estrellas que tienen una masa mucho mayor que la del Sol. Dichas estructuras estelares son producto de una combinación del medio que se encuentra entre las estrellas y del material que expulsa la estrella misma en forma de viento estelar. En este artículo describimos de forma básica, la física que hace posible la formación de estas estructuras, así como la necesidad que actualmente tiene la astronomía moderna de recurrir a simulaciones numéricas para estudiar detalladamente la formación de estas nebulosas.

DRA. BRENDA PÉREZ RENDÓN.
Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora.
brenda@cajeme.cifus.uson.mx

DR. ALFREDO SANTILLÁN.
Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicación, UNAM.
alfredo@astro.unam.mx

DR. GUILLERMO GARCÍA SEGURA,
Instituto de Astronomía, UNAM, Sede Ensenada.
ggs@astrosen.unam.mx

M.I. LILIANA HERNÁNDEZ CERVANTES,
Instituto de Astronomía, UNAM, Ciudad Universitaria.
liliana@astro.unam.mx

INTRODUCCIÓN

El espacio entre las estrellas contiene significantes cantidades de materia muy diluida, compuesta principalmente de gas (átomos, moléculas, iones y electrones), polvo, rayos cósmicos y campos magnéticos, el cual está diseminado entre las estrellas de forma inhomogénea, a menudo mostrando marcados contrastes en densidad y temperatura. Este conjunto de elementos es conocido como medio interestelar (MIE) y puede manifestarse en diferentes longitudes de onda tal como lo muestra la Figura 1. Para los estándares terrestres, el MIE es extremadamente tenue: en la vecindad del Sol, en promedio la densidad en masa es de aproximadamente un átomo de hidrógeno por centímetro cúbico, lo cual es menor por 20 órdenes de magnitud que el valor más bajo de la atmósfera terrestre (1). Lejos de considerar estas densidades tan bajas como "vacío" este gas es el responsable de una gran cantidad de procesos físicos en nuestra galaxia que van desde la formación de nuevas estrellas hasta la acumulación de material en intrincadas estructuras dinámicas, algunas de las cuales son fácilmente visibles con la ayuda de los telescopios. Estas estructuras gaseosas generalmente son esculpidas y alimentadas por los poderosos vientos estelares de estrellas de alta masa, y brillan como consecuencia de su interacción con la radiación proveniente de las estrellas.

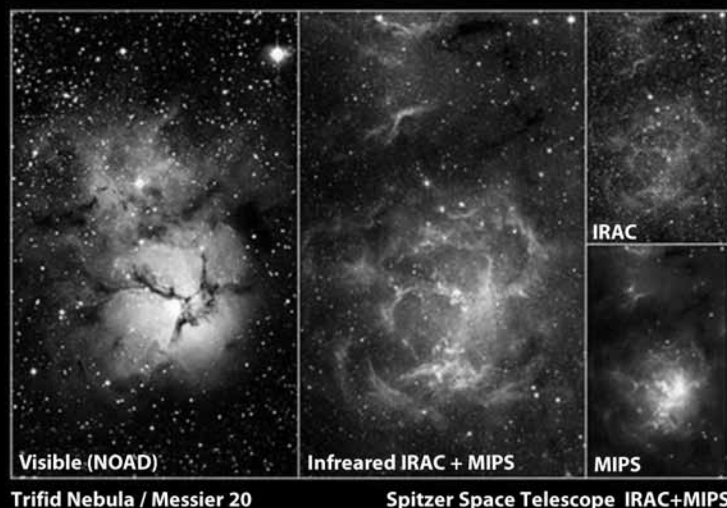


Figura 1. Medio Interestelar. Nebulosa Trífida (también conocida como Messier 20) en diferentes longitudes de onda en visible e infrarrojo, tomadas con el telescopio espacial Spitzer. Imagen tomada de http://www.spitzer.caltech.edu.

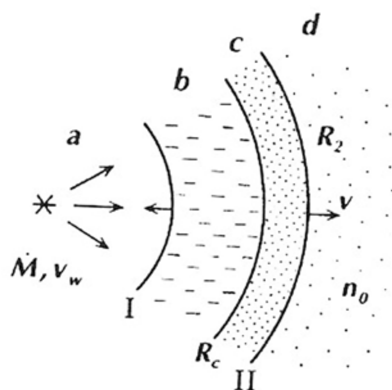
LAS ESTRELLAS MASIVAS Y SUS VIENTOS

El viento estelar es un flujo de partículas que es eyectado por la atmósfera de las estrellas de forma continua. Es un mecanismo muy eficiente por el cual las estrellas pierden masa e inyectan energía mecánica en el medio que las rodea. Nuestro Sol pierde masa en una tasa de aproximadamente 10-14 masas solares por año, lo que implica que si esta tasa fuera constante durante toda su vida, el Sol tardaría 100 billones de años (1014 años) en evaporarse como consecuencia de la pérdida de masa de su viento. La velocidad del viento solar es en promedio de 500 km/s en la vecindad de la Tierra, alcanzando una densidad promedio menor a 10-30 g/cm^3 (2). En este flujo de viento solar está embebido nuestro planeta y el resto del sistema solar. Sin embargo, la pérdida de masa del Sol es muy modesta si se compara con los poderosos vientos estelares de estrellas de mayor masa, que son los responsables de moldear de forma dramática las regiones que las rodean. En comparación con el Sol, estas estrellas tienen tasas de pérdidas de masa que son cientos de miles de veces mayores y sus velocidades son de cuatro a cinco veces más grandes. Debido a esto, las estrellas masivas ejercen un fuerte impacto en la estructura y evolución del universo a través de la huella que imprimen en el MIE que las rodea. Su corto tiempo de vida provoca que afecten "rápidamente" su entorno, pues a diferencia del Sol las estrellas de mucha masa viven pocos millones de años y son la principal fuente de supernovas que inyectan gran cantidad de energía al medio circumestelar (MCE), junto con elementos químicos procesados en el interior de las estrellas antes y durante la explosión, en uno de los eventos más extremos que se dan en el universo.

Definimos una estrella masiva como aquella que al formarse tiene una masa mayor a 9 masas solares (3). Su evolución está determinada por la cantidad de material y composición química iniciales, donde ambas condiciones establecen cuánto del hidrógeno que dispone puede ser utilizado como combustible para producir reacciones termonucleares, modificando la composición química de la estrella. Las reacciones termonucleares producen energía en el interior de la estrella que es radiada hacia el espacio exterior, en forma de luz y calor. En las estrellas masivas la núcleosíntesis estelar (quemado de elementos) se da en el núcleo a través de un proceso cíclico donde cada vez se van produciendo elementos más pesados a partir de otros ligeros, que servirán de combustible para la siguiente etapa de quemado. Las estrellas con masas mayores a 11 masas solares pasan por seis etapas de quemado nuclear sucesivas en su núcleo: Hidrógeno ►Helio ► Carbono►Neón►Oxígeno ►Silicio de forma no-degenerada (4), cada una de las cuales se enciende a una temperatura y densidad características. Durante la secuencia principal, una de las etapas más estables y de mayor duración, aproximadamente 90% de la vida total de una estrella, se transforma en su interior hidrógeno en helio. Cabe señalar que el Sol se encuentra actualmente en esta etapa de evolución.

BURBUJAS ESTELARES

En la secuencia principal las estrellas masivas pierden una gran cantidad de masa a través de sus poderosos vientos, que impactan directamente sobre el MCE modificándolo química y dinámicamente. El comportamiento de ésta interacción depende de diversos



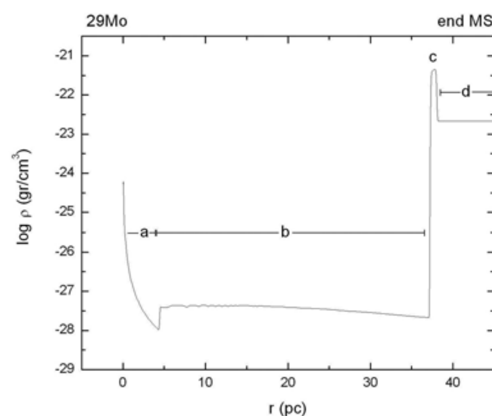


Figura 2. La formación de una burbuja y un cascarón de MIE barrido por un viento estelar. Izquierda. La zona [a] es donde el viento de la estrella se expande libremente. En [b] tenemos una burbuja de viento chocado de alta temperatura y desacelerado, que se expande por el aumento de presión térmica. La región [c] corresponde al cascarón formado por gas barrido del MIE. I y II son los frentes de choque en reversa y directo, respectivamente. La figura fue adapatada de (13). Abajo: Gráfica unidimensional de la densidad contra posición (log ρ vs. r) al final de secuencia principal en la estrella de muy alta masa (30 masas solares), obtenida con modelos numéricos nuestros. Pueden identificarse cada una de las zonas esquematizadas en la figura arriba.

factores como la velocidad, temperatura y masa del viento, las inhomogeneidades locales y/o el gradiente de densidad del MCE, el flujo de fotones ionizantes de la estrella, la tasa de enfriamiento del gas, los procesos de transferencia de calor y evaporación de masa, la presencia de campos magnéticos, etc. En algunos casos, la energía depositada en el MIE por los vientos estelares da lugar a la formación de burbujas estelares. En la Figura 3 puede verse un ejemplo de este efecto; la Nebulosa de la Burbuja que se trata precisamente de una estructura creada por la interacción de los vientos estelares de estrellas masivas con el medio que las rodea.

Realizar un estudio completo que incluya todas las variables de los vientos hace que el problema se vuelva muy complejo y que no pueda resolverse de forma analítica. Para conocer con mayor detalle la dinámica de la interacción del viento con el MCE es necesario recurrir a simulaciones numéricas que frecuentemente utilizan poderosas herramientas de cómputo. Los primeros intentos, antes de que hubiera computadoras suficientemente capaces para resolver el problema en toda su complejidad, fueron hechos de forma analítica proponiendo un escenario muy simplificado que sólo arroja soluciones aproximadas al problema real. No obstante, estas soluciones analíticas son muy útiles a la hora de comprender la física básica de la interacción, así como, para confrontar y entender los resultados numéricos. Por ésta razón, antes de presentar nuestros resultados numéricos discutiremos brevemente las soluciones analíticas encontradas por otros autores. En primera aproximación se propone un escenario idealizado: un viento estelar fuerte y homogéneo que interactúa con un medio de densidad uniforme y constante que rodea a la estrella, el cual como ya hemos mencionado tiene muy baja densidad, del orden de 10-100 part/cm3. Estos primeros escenarios simplificados fueron explorados por primera vez en las soluciones analíticas de Pikel'ner (1968) que obtienen una primera solución ideal. En su modelo, un poderoso viento estelar barre una cavidad en el medio interestelar que la rodea. La configuración resultante de este proceso ésta esquematizada en la Figura 2 (izquierda) que muestra la configuración del medio circunestelar que da lugar a la formación de una burbuja. A la derecha de la misma Figura 2 se muestran los resultados de nuestro modelado numérico. En la cavidad barrida por el viento estelar éste se expande libremente (región [a] de la Figura 2) y el viento finaliza en un choque terminal que lo desacelera y produce una burbuja de viento chocado y caliente (región [b]). La presión térmica de la burbuja caliente barre el MCE que la rodea y forma un cascarón denso de gas interestelar (zona [c] de la Figura 2). Otro tipo de soluciones analíticas autosimilares también fueron obtenidas por Weaver et al. (5) quienes resolvieron la dinámica del MCE durante las etapas adiabáticas iniciales, las etapas intermedias radiativas y las avanzadas en la evolución, donde incorporan conducción de calor y la evaporación de material de una región a otra y obtienen soluciones unidimensionales que no involucran inestabilidades dinámicas. En sus soluciones pueden identificarse tres etapas "ideales" (5) que se detallarán a continuación.

ETAPAS DE LA FORMACIÓN DE CASCARONES Y BURBUJAS ESTELARES

1) Etapa de expansión adiabática. El viento inicial que emite la estrella en secuencia principal interacciona directamente con un medio interestelar de densidad constante. La evolución es tan rápida que las pérdidas radiativas son despreciables y el sistema se expande prácticamente sin pérdida

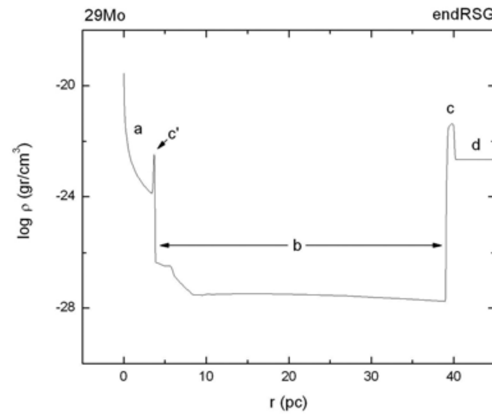


Figura 3. Nebulosa de la Burbuja, en la constelación de Casiopea. La figura muestra una burbuja de gas caliente y el cascarón que la rodea producido por los intensos vientos de la estrella central (BD+60°2522). Cabe señalar que el cascarón que rodea a la estrella brilla en luz visible debido a la radiación proveniente de la estrella central, así como la región fotoionizada donde esta embebida la burbuja. Copyright: © Croman.

de energía. El viento libre de la estrella tiene un perfil de densidad que decae con la distancia a la estrella (ρ ~ r – 2) y que acaba en un choque terminal, representado por un salto en la densidad que separa el viento libre de la estrella (región [a]) de una burbuja de gas caliente chocado (región [b]) que llega a alcanzar temperaturas del orden de millones de grados Kelvin. Dentro de esta burbuja de gas caliente la presión es casi uniforme, como lo son también los valores de velocidad y densidad. Estas son las llamadas "burbujas estelares", regiones de gas chocado por el viento estelar, a muy altas temperaturas. Finalmente, la burbuja de gas chocado se encuentra rodeada por un cascarón de gas interestelar barrido, cuya posición externa se expande en el medio interestelar. La energía mecánica inyectada por el viento se distribuye de diferente forma en cada región, donde 5/11 partes del total corresponden a la región [b], casi toda en forma de energía térmica, ya que, la energía cinética es prácticamente nula. La otra parte se haya contenida en el cascarón externo: 40 % en forma de energía cinética y 60% en forma de energía térmica. Esta etapa es de muy corta duración, típicamente del orden de miles años.

2) Etapa radiativa. En la segunda etapa, las pérdidas radiativas de la región [c] se vuelven comparables a las de la energía inyectada por el viento y el proceso de enfriamiento causa que el cascarón se vuelva visible en el óptico. Las condiciones para que el material de un cascarón sea detectable es que alcance una densidad mayor a 1.67 X 10-24 gr/cm3. La masa del cascarón externo está determinada por la cantidad de gas barrido. La Nebulosa de la Burbuja (Figura 3), situada hacia la constelación de Casiopea, se trata precisamente de una burbuja estelar formada por este proceso.

3) Colapso de la burbuja. En la tercera etapa, la región [b] empieza a enfriarse radiativamente y la burbuja también colapsa dejando que el viento de la estrella interaccione directamente con el cascarón externo. Sin embargo, los cálculos en (5) indican que durante la mayor parte de la vida de



la burbuja de secuencia principal. Las etiquetas son las mismas
:e al cascarón SGR que está separado del cascarón de secuencia
los dos cascarones no está a escala. Nótese que el viento de SGR
a: Gráfica unidimensional de la densidad contra posición (log ρ
nida con modelos numéricos nuestros. Pueden identificarse los
ura de la izquierda.

las características del viento estelar son variables y se modifican a medida que la estrella evoluciona en su ciclo de vida. Así pues, hay que considerar la velocidad del viento variable y en consecuencia, su luminosidad mecánica que también varía. La evolución subsecuente que será descrita a continuación es resultado de una gran cantidad de estudios que involucran simulaciones numéricas y que tratan de describir estas etapas de evolución.

a) Cascarones vinculados a Supergigantes Rojas.

Generalmente, después de secuencia principal una estrella masiva evoluciona hacia la etapa de supergigante roja (SGR) donde su radio se incrementá dramáticamente hasta alcanzar dimensiones de centenas de radios solares y su temperatura superficial decaé drásticamente a un valor de aproximadamente 3000 K. En las supergigantes rojas la tasa de pérdida de masa es mucho mayor que en secuencia principal y el viento es lento y denso. Durante esta etapa, la pérdida de masa por vientos es tan grande, que la estrella llega a perder hasta un 60% de su masa inicial. Este nuevo viento lento interactúa con el medio esquematizado en la Figura 2. Después de secuencia principal, el viento libre de la supergigante roja se topa con la burbuja de gas chocado que es menos densa cuando todavía está en su fase adiabática (región [b] de la Figura 2) y forma una sub-estructura de cascarón con el viento de supergigante roja. En la región [c′] de la Figura 4 puede verse una representación esquemática de la formación de este nuevo cascarón (izquierda). Como la creación de este cascarón resulta de la interacción de un viento lento después de uno rápido (el de secuencia principal), no hay burbuja chocada de viento de SGR ya que el viento denso interacciona y forma directamente el nuevo cascarón, por lo que durante la etapa de supergigante roja de una estrella masiva tenemos dos cascarones densos separados por una región menos densa y caliente de viento chocado de

secuencia principal, como se esquematiza en la Figura 4. El radio de este segundo cascarón mas interno (de ahora en adelante, cascarón SGR) está determinado por la duración de la estrella en la etapa de supergigante roja y por el balance entre la presión dinámica del viento de SGR y la presión térmica del gas chocado originada durante la vida de la estrella en la secuencia principal, es decir, el tamaño de este cascarón dependerá fuertemente de la tasa de pérdida de masa en SGR, de la velocidad del viento, de la densidad de la burbuja chocada de secuencia principal y de su temperatura. Al inicio de la formación del cascarón SGR la presión dinámica del viento es menor que la presión térmica de la burbuja, ocasionando que la frontera interna de la burbuja se mueva hacia dentro hasta que las presiones se igualan y el cascarón alcanza su posición de equilibrio produciendo cascarones pequeños de supergigante roja, que son hidrodinámicamente estables (9). La posición final del cascarón SGR también dependerá de otros parámetros como puede ser la conducción térmica entre cascarones, etc.

Un ejemplo de este cascarón SGR puede ser el que rodea a la estrella de Betelgeuse en la constelación de Orión. Actualmente se considera que Betelgeuse es una estrella muy masiva, de aproximadamente 20 masas solares y se encuentra en su etapa de supergigante roja, con un radio que llega a alcanzar alrededor de 900 radios solares. En 1975, A.P. Bernat y D.L. Lambert (10) observaron emisión de una linea de potasio que parece provenir de un cascarón circumestelar que rodea a la estrella. El radio interno de dicho cascarón es de aproximadamente 10 radios de Betelgeuse. Algunas estrellas masivas después de pasar por todos los ciclos de quemado nuclear en su interior producen un núcleo de hierro y explotan como supernovas tipo II, durante su etapa como supergigante roja, como presumiblemente sucederá con Betelgeuse. La explosión y el material estelar eyectado impactará directamente sobre el cascarón SGR formado previamente por la estrella.

b) ¿Qué pasa con las estrellas muy masivas?

Cuando las estrellas son más masivas que las descritas en la sección anterior, siguen una evolución posterior a la de supergigante roja, que dependerá de su masa inicial, metalicidad, etc. Cuando las estrellas nacen con masas superiores a 20-25 masas solares, después de pasar por la etapa de supergigante roja, la estrella evoluciona nuevamente hacia un estado de menor radio y mayor temperatura aumentando la velocidad del viento (~ 500 km/s). Algunas de estas estrellas que se encuentra en la etapa de supergigante azul (SGA), finalmente explotan como supernova tal como ocurrió en el caso de 1987A (11). Otras estrellas después de la etapa de supergigante roja se transforman directamente en estrellas tipo Wolf-Rayet (WR), que son estrellas masivas (con masas mayores a 20-30 masas solares), de muy altas temperaturas y que





Figura 5. Izquierda: NGC 6888. Nebulosa de emisión alrededor de una estrella Wolf-Rayet. El recuadro en azul muestra la emision de la nebulosa en rayos X, incluyendo radiación del gas caliente de la burbuja estelar. El resto de la imagen muestra la emision en óptico de la nebulosa, observandose claramente el cascarón WR formado. Créditos: Rayos X: NASA/UIUC/Y, Chu & Gruendl. Optico: SDSU/MLO/Y. Chu et al. Derecha: Nebulosa en forma de anillo S308, que es una burbuja/cascarón de WR. La emisión en verde es de oxígeno ionizado, en rojo es emisión de hidrógeno, azul rayos X (cortesía de You-Hua Chu).

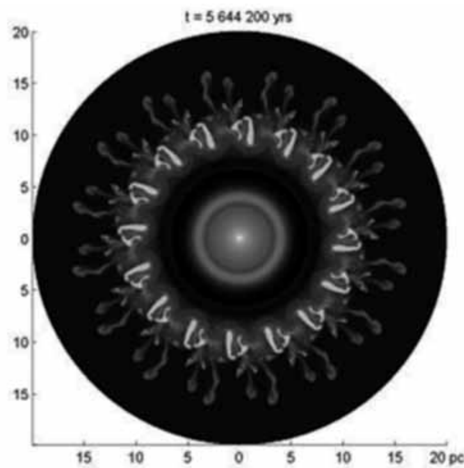


Figura 6. Simulación numérica de un cascarón formado alrededor de una estrella Wolf-Rayet. La imagen muestra en niveles de gris el logaritmo de la densidad (g/cm^3) del material que rodea a la estrella antes de que estalle como supernova. Puede observarse la posición del cascarón de WR a una distancia de aproximadamente 10 pc (32.6 años luz), el cual resulta fragmentado debido a la acción de inestabilidades dinámicas en el gas circunestelar.

se encuentran en etapas muy avanzadas de su evolución. Se caracterizan principalmente por sus fuertes vientos estelares a través de los cuales pierden una gran cantidad de masa. Dependiendo de el subtipo, muestran intensas líneas en emisión de hidrógeno y helio ionizado, e incluso carbono, nitrógeno y/o oxígeno. En la etapa WR la estrella se despoja de su envolvente de hidrógeno a través de un viento muy masivo y rápido (del orden de 2000 km/s) que impacta sobre el MCE que ha sido modificado por las etapas de secuencia principal y supergigante roja.

Independientemente de que la estrella se convierta en SGA o WR, se genera nuevamente un viento rápido que forma un nuevo cascarón dentro del viento de lento de SGR. Durante esta tercera etapa se forma un tercer cascarón (que llamaremos cascarón azul cuando es formado por el viento de SGA y cascarón WR cuando es formado por el viento de WR). La formación y dinámica de estos cascarones es muy compleja y ha sido tratada de forma numérica por nuestro equipo de trabajo (12). La velocidad del tercer cascarón es significativamente más grande que la de viento y que la del cascarón de SGR, por lo que se expande más rápidamente y colisiona con éste último. Las circunstancias y consecuencias de esta colisión pueden ser encontradas en (9). En la Figura 5 se muestran 2 ejemplos de burbujas estelares, NGC 6888 y la S308, que presentan cascarones de gas alrededor de estrellas Wolf-Rayet.

Por otro lado, en la Figura 6 presentamos un ejemplo de los resultados de una de nuestras simulaciones numéricas vinculados a la formación de varios cascarones en 2D, que son parte de nuestros esfuerzos por entender la cinemática y dinámica alrededor de estos cascarones. Pueden observarse dos estructuras de burbuja/cascarón alrededor de una estrella Wolf-Rayet, situada en el centro de la figura. Estas estructuras son objetos celestes relativamente escasos debido a la corta duración de su vida y al hecho de que provienen de estrellas masivas que no son las mas comunes en nuestra galaxia. Sin embargo, su observación nos provee de una oportunidad única de estudiar estos raros objetos, lo cual incluye confrontar las características observadas con el modelado numérico que se realiza para explicar su naturaleza. Este campo de estudio en la astronomía es actualmente un campo muy dinámico, que cambia conforme vamos adquiriendo y desarrollando mayores herramientas de cómputo que han resultado indispensables para el estudio de éste y muchos otros fenómenos astronómicos.

Agradecemos a los proyectos CONACyT 104651, Intercambio UNAM-UNISON U38P170 y DGAPA–UNAM IN121609 el apoyo brindado.

BIBLIOGRAFIA

1. Ferriere, K.M. 2001. Rev. Mod. Phys. 73, 1031.

2. Lang, K.R. 2001. The Cambridge Encyclopedia of the Sun. Cambridge University Press.

3. Iben, I. Jr., Renzini, A. 1983, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 21, 271.

4. Kippenhahn, R., Weigert, A. 1990, Stellar Structure and Evolution. Berlin: Springer.

5. Weaver, R., McCray, R., Castor, J., Shapiro, P., Moore, R. 1977, ApJ, 218, 377

6. Chevalier, R.A., Liang, E.P. 1989, ApJ, 344, 332

7. Brighentti, F., D'Ercole, A. 1995, MNRAS, 277, 53

8. García-Segura, G., MacLow, M.M. 1995, ApJ, 455, 145.

9. García -Segura, G., Langer, N., Mac Low, M.M.1996, A&A, 316, 133.

10. Bernat, A.P., Lambert, D.L. 1975, ApJ Lett 201, L153.

11. Arnett, W.D., Bahcall, J.N., Kirshner, R.P., Woosley, S. 1989 27, 629.

12. Pérez-Rendón, B., García -Segura, G., Langer, N. 2009, A&A, 506, 1249

13. Lozinskaya, T. 1992

INVESTIGACIÓN

EQUILIBRANDO UNA ESCOBA: CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TEORÍA DEL CONTROL

EL PÉNDULO INVERTIDO

HORACIO MUNGUÍA AGUILAR, OSWALDO ESPINOZA VALENCIA

Se describe el problema de equilibrar una escoba (mantenerla vertical) en el marco del problema más general conocido como control de un péndulo invertido. Se presenta el análisis teórico de este problema y se describe la construcción de un prototipo en el Laboratorio de Electrónica del Departamento de Física con fines esencialmente didácticos. Se hace énfasis en la presentación del concepto de estabilidad y en la naturaleza de la técnica de control conocida como PID.

M.C. HORACIO MUNGUÍA AGUILAR
Correo: hmunguia@correo.fisica.uson.mx

OSWALDO ESPINOZA VALENCIA
Departamento de Física, Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

En las diversas áreas de la ingeniería se presentan ciertos tipos de problemas que podríamos llamar arquetipos ya que sirven para ilustrar conceptos, técnicas y procedimientos en una forma particularmente clara e integral. Uno de estos arquetipos en ingeniería eléctrica/mecánica lo es el problema del control de un péndulo invertido. Este tipo de péndulo, que tiene una variedad de presentaciones, se le puede encontrar en diversos sistemas de la vida cotidiana. Uno de los más conocidos es el relativo al juego de mantener la vertical de una escoba invertida apoyada sobre la palma de la mano (figura 1). Es bien sabido que esto se logra mediante los desplazamientos rápidos y oportunos de la posición de la mano en la dirección por donde se aprecia que la escoba se inclina. Esta habilidad solo se consigue con un poco de práctica y solo en el caso de que la escoba no sea muy corta.

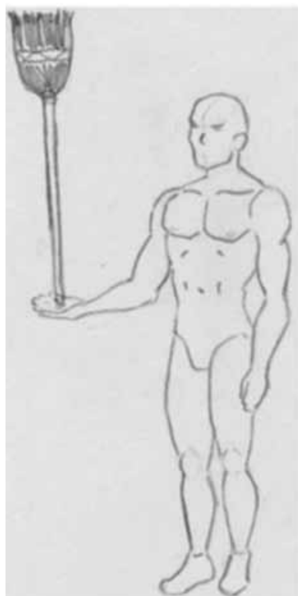


Figura 1 Equilibrando una escoba

A nivel laboratorio, el sistema de péndulo invertido más sencillo que se puede construir consiste de una varilla anclada sobre una superficie en un punto de apoyo sobre el cual la varilla puede girar en un plano. La superficie o móvil puede desplazarse en la dirección coplanar al plano de giro de la varilla. Para lograr la vertical, al móvil se le debe de aplicar una fuerza con la magnitud y dirección adecuada que contrarreste la tendencia de la varilla a caer. Véase la figura 2.

En las siguientes líneas trataremos de explicar primero en qué consiste el problema del péndulo invertido y sus aspectos centrales. Enseguida se analiza la dinámica del sistema, es decir, aplicamos las leyes de la mecánica para determinar con precisión cómo es el comportamiento del sistema bajo ciertas condiciones. Después se explica con cierto detalle cómo se implementa un controlador en base a la información de la dinámica del sistema. Posteriormente se describe cómo se construyó un modelo real. Finalmente se abunda un poco más sobre diversos aspectos del controlador del péndulo invertido.

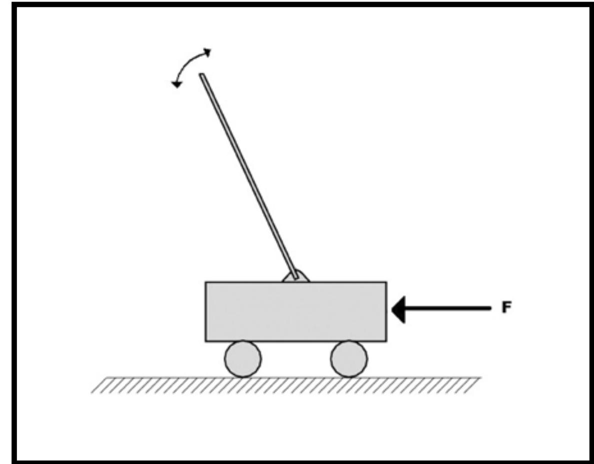


Figura 2 Péndulo invertido sobre móvil y la fuerza F

EL PROBLEMA DEL CONTROL

Puesto que implementar un control automático para equilibrar una escoba equivale a desarrollar un control para un péndulo invertido, nuestro enfoque es analizar y construir un modelo de péndulo invertido en la forma de una varilla giratoria tal como la que aparece en la figura 2.

Para desarrollar un mecanismo automático que permita controlar esta varilla (péndulo) se requieren tres cosas esenciales:

- Una forma continua de medir el ángulo del péndulo respecto a la vertical.
- Un móvil impulsado por un mecanismo con una fuerza variable.
- Un procedimiento que relacione, de alguna forma, la fuerza del mecanismo impulsor con la posición y velocidad del péndulo. Este es un procedimiento de retroalimentación ya que la variable de salida, en este caso el ángulo, modifica a la variable de entrada, la fuerza impulsora.

Intuitivamente parecería claro que con desplazar el móvil en la dirección opuesta al ángulo del péndulo éste podría mantener el equilibrio. Esto lo hacemos, más o menos, al controlar la escoba invertida. Sin embargo, en un sistema de control automático tenemos que determinar con toda precisión la cantidad de impulso que el sistema tiene que aplicar al móvil en todo instante. Se debe disponer de una fórmula o relación que le permita al sistema determinar la cantidad del impulso aplicado. Cuando equilibramos

la escoba, el cerebro "calcula", de algún modo, la cantidad de impulso que debemos aplicar en la mano para lograr el equilibrio. Esta cantidad no es constante pues varía dependiendo cómo se "siente" la escoba. El éxito no se logra sino después de cierto entrenamiento que le permitan al cerebro, nervios y músculos probar diferentes técnicas de equilibrio. Ciertamente no podríamos describir con precisión cuál es este algoritmo que el cerebro emplea. Es algo que a la conciencia le queda muy difuso.

Existen varias técnicas para determinar la regla o algoritmo que un sistema automático puede seguir para controlar con éxito un sistema. El método clásico, que enseguida mostramos, requiere conocer en detalle la dinámica del sistema. Esto es, partiendo de las características del sistema (masa, dimensiones, etc.) y de las leyes de la física que lo rigen, tratar de predecir el comportamiento del sistema ante determinados estímulos. Teniendo esta información podemos intentar alguna estrategia cuantitativa- o sea, que se pueda expresar matemáticamente- y evaluarla teóricamente para anticipar su resultado. Por lo tanto, lo primero que se tiene que averiguar es cómo varían la posición y velocidad del péndulo y del carro cuando éste último se suelta a partir de un ángulo inicial Φ y se somete a una cierta fuerza F.

DINÁMICA DEL SISTEMA

En la figura 3 se muestra el esquema de fuerzas que actúan sobre el sistema y que permitirán estudiar su dinámica.

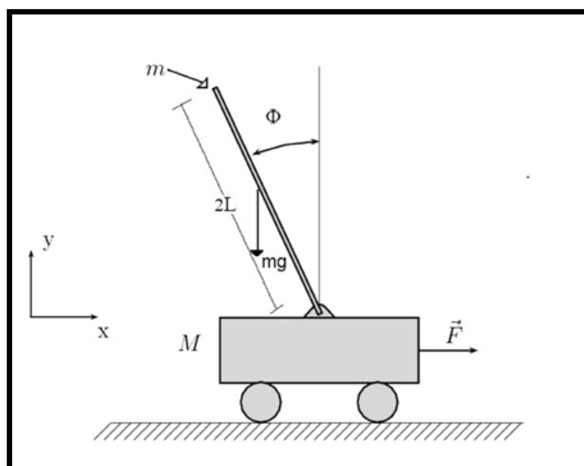


Figura 3 Parámetros y esquema de fuerzas del sistema

Las variables y parámetros del sistema son:
X: Posición horizontal.
Y: Posición vertical
Φ: Ángulo de la varilla respecto a la vertical
2L: Longitud total de la varilla
M: Masa del móvil (carro)
m: Masa de la varilla
F: Fuerza aplicada al móvil

La descripción de la posición y velocidad de la varilla y el móvil se obtiene al aplicar las leyes de Newton al sistema. Las ecuaciones que se generan considerando pequeñas desviaciones angulares [1] son:

$$F = (m + M)\frac{d^2x}{dt^2} + mL\frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

Ecuación [1]

$$mgL\varphi - mL\frac{d^2x}{dt^2} = (J + mL^2)\frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

Ecuación [2]

En donde $J=mL^2/3$ es el llamado momento de inercia de la varilla y g es la gravedad. Estas ecuaciones diferenciales lineales describen cómo se mueven el carro y el péndulo si conocemos sus condiciones iniciales, es decir, la posición y velocidad del péndulo y el carro en un momento inicial dado. Se obtienen al sumar las componentes horizontales y verticales de las fuerzas y las torcas que actúan en el sistema. Son ecuaciones lineales de segundo orden cuya solución se puede obtener por métodos clásicos o cuya simulación se puede hacer en computadora por medio de programas como MATLAB. Por supuesto, la naturaleza de la fuerza aplicada F es crucial en la forma de respuesta que tendrá el sistema. Y es aquí justamente en donde tenemos que aplicar la idea del control automático. Como se mencionó al principio, la idea básica para poder controlar el péndulo (o la escoba) consiste en aplicar una fuerza en la dirección contraria a la dirección en que va cayendo el péndulo. En nuestro problema el carro sólo se puede desplazar en la dirección del eje X y, por la forma en que se articula el péndulo, éste sólo puede rotar en el plano X-Y. Esto simplifica la acción de control porque para mantener la posición vertical del péndulo sólo tenemos que desplazar el carro en la dirección del eje X: en sentido positivo o en sentido negativo. El único problema es determinar qué tanto se debe desplazar el carro para lograr el objetivo del control. Y cómo la posición del carro la determina la fuerza F aplicada, el problema se resume en la pregunta: ¿De qué magnitud debe ser F para lograr el control del péndulo?

EL CONTROLADOR

Existen varias respuestas a esta pregunta pero la más simple, y quizás obvia, es la de hacer que la magnitud de F sea proporcional al ángulo del péndulo Φ pero con signo contrario. Es decir



El tercer caso en el que k = g(M+m) es impracticable. Cualquier desviación, por pequeña que sea, nos llevará a alguno de los otros casos. Por lo tanto, podemos concluir que para una fuerza como la de la ecuación (3) el sistema es inestable y no se puede lograr la verticalidad de la varilla. Puede quedar la impresión de que aumentando el valor de k la varilla pudiera alcanzar la vertical. Pero intuitivamente podemos ver porqué no es así: para grandes valores de k la recuperación de la varilla será tan rápida que se nos irá en la dirección contraria; para cuando cambie de signo la fuerza, la varilla reaccionará en dirección contraria pero con demasiada rapidez. El resultado neto es que la varilla oscilará rápidamente alrededor de la vertical un cierto ángulo que no disminuirá con el tiempo.

MEJORANDO EL CONTROLADOR

En el anterior intento por controlar el péndulo hemos pasado por alto un detalle que no es obvio pero que tiene lógica: nos estamos preocupando únicamente por aplicar una fuerza de recuperación que sólo depende del tamaño del ángulo Φ, que es el error entre el ángulo deseado (0 grados) y el ángulo actual; no estamos tomando en cuenta la velocidad angular con la que va cayendo la varilla, o sea dΦ/dt. Por ejemplo, si la varilla está desviada de la vertical un ángulo pequeño pero la velocidad con la que está cayendo es grande, la fuerza F será pequeña y no anticipará que pronto aumentará la desviación. Un instante posterior el error se habrá incrementado y ya no recuperará lo ganado. Podemos mejorar la información sobre la fuerza modificando la relación (3) para que incluya un término de velocidad. La nueva propuesta quedaría así:

$$F= (k_1\rho + k_2 \frac{d4}{dt})$$

Ecuación [4]

En esta nueva relación la magnitud de la fuerza F depende tanto de la desviación Φ como de la velocidad angular dΦ/dt. Los factores de peso son k1 y k2 que se conocen como constante proporcional y constante derivativa respectivamente y a la relación (4) se le conoce como controlador proporcional + derivativo o simplemente controlador PD. Queda la cuestión de qué valores les podemos dar a estas constantes. En la teoría del control lo que se analiza es la forma que en que se modifica la función de transferencia del sistema con el agregado del controlador PD a fin de escoger los mejores valores de k1 y k2 que satisfagan las especificaciones requeridas. Equivalentemente, se puede incorporar la ecuación (4) con las ecuaciones (1) y (2) y buscar lo valores de las constantes que produzcan un sistema estable, si es que los hay, por supuesto. Afortunadamente las ecuaciones se pueden resolver por métodos clásicos ya que son lineales

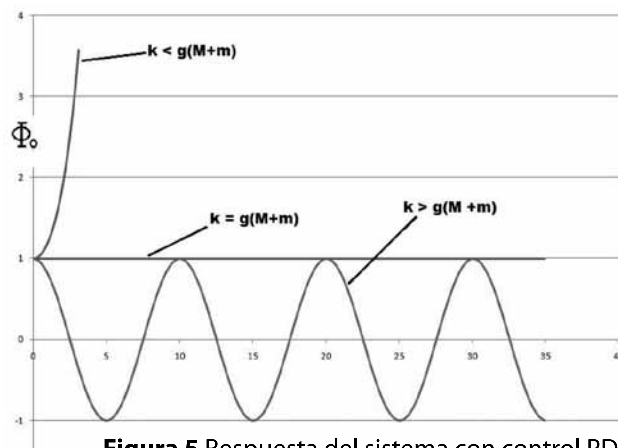


Figura 5 Respuesta del sistema con control PD

y de segundo orden. Al hacerlo, se puede demostrar [3] que la solución para Φ produce un sistema estable si se cumplen las condiciones k2 > 0 y k1 > Mg.

En la figura 5 se aprecia como es la respuesta del sistema para valores de k1 = 250 y diferentes valores de k2.

Se aprecia que el sistema sigue produciendo oscilaciones pero, a diferencia del sistema proporcional, ahora las oscilaciones se amortiguan conforma pasa el tiempo. Entre mayor es el valor de k2 más rápido se amortiguan. Esto es, la varilla tiende a la vertical más rápidamente.

UN MODELO REAL

En la práctica, la construcción de un péndulo invertido y su correspondiente sistema de control presenta una gran variedad de dificultades. La principal tiene que ver con la forma en que se genera la fuerza F con las características de la ecuación (4). En el Laboratorio de Electrónica del Departamento de Física hemos empleado un carrito eléctrico de juguete impulsado por un pequeño motor con su transmisión integrada para construir el modelo del péndulo invertido. Desmantelamos la carrocería dejando solo el chasis como plataforma para soportar la varilla/péndulo. En su base la varilla se articula al eje de un sensor de posición tipo incremental que se encuentro sujeto al chasis del carro y que sirve para medir el ángulo ϕ. Véase la figura 6.

Sobre el mismo chasis se localiza el circuito que se diseñó para efectuar la acción de control PD. Este circuito, basado en un microcontrolador, lee constantemente el sensor de posición de la varilla y así determina ϕ y dϕ/dt en todo momento. Con estos valores y empleando un algoritmo para el cálculo de la ecuación (4) determina el voltaje que debe aplicar al motor del carro. Este voltaje está directamente relacionado con la fuerza F por lo que la acción de control se completa.

El modelo construido presenta el inconveniente del deslizamiento o patinaje de las ruedas sobre el piso; esto degrada la acción de control. Pudimos resolver el problema, hasta cierto punto, utilizando una cubierta de plástico rugoso sobre el piso formando una pista por donde el carro efectúa sus desplazamientos. Otras aproximaciones más eficientes en este aspecto emplean rieles con bandas de tracción para mover el carro [4], [5]. Obviamente, esto introduce complicaciones mecánicas y limita el espacio de operación.

MÁS SOBRE EL CONTROL

Una pregunta natural es si existe otra expresión diferente de la ecuación (4) que permita obtener resultados satisfactorios, es decir, que produzca un sistema estable. La respuesta es que hay muchos. Nada más que el control PD es, para este sistema, el más sencillo de todos. Una de las modificaciones que se le pueden hacer a la expresión (4) es agregarle un término que incluya la integral del ángulo ϕ con una cierta constante de proporcionalidad. Esto da origen a un controlador muy empleado en sistemas de control llamado control PID. De hecho, nuestro controlador es de este tipo pero con la constante de la integral igual a cero. Normalmente este término sirve para disminuir el error de la variable de salida cuando se alcanza el estado estable.

En principio, cualquier cambio es factible hacer al controlador y estudiar sus efectos en la estabilidad del sistema. El problema es que cuando las ecuaciones diferenciales que caracterizan al sistema son de mayor orden, el análisis del sus comportamiento es más complicado y su implementación física también lo es. Por ejemplo, en nuestro caso del péndulo invertido, si incorporamos el efecto del motor del carro en el sistema, a las ecuaciones (1) y (2) habrá que agregarles otra ecuación diferencial de segundo orden que incluye las variables de torque y corriente eléctrica; con esto el sistema se convierte en uno de orden cuarto que complica bastante su análisis. No se debe de olvidar que estas ecuaciones son válidas para valores pequeños de ϕ, del orden de 200



Figura 6 El carro con el péndulo invertido

o menos. En caso contrario, las ecuaciones se convierten en no lineales y las técnicas de control mencionadas no funcionan adecuadamente.

Existen diferentes aproximaciones al problema del control de sistemas cuando estos son muy complicados o se desconocen sus ecuaciones características. Una de las más exitosas es la conocida con el nombre de control difuso [6] que se acostumbra emplear cuando se tiene información empírica sobre el comportamiento del sistema sin necesidad de conocer el detalle de su estructura interna.

CONCLUSIONES

El problema de mantener equilibrada una escoba con la palma de la mano ilustra muy bien el problema técnico del control de un péndulo invertido. Se han mostrado los detalles de cómo implementar un control automático para este sistema que permiten comprender mejor los conceptos de retroalimentación, control proporcional y control derivativo. Se ha mostrado como es indispensable conocer la dinámica del sistema para escoger los parámetros correctos del controlador. La implementación física de un péndulo invertido utilizando un móvil en una dimensión (como el desarrollado en nuestro laboratorio) es un clásico experimento que se puede emplear en un curso formal de teoría de control. Los detalles técnicos de su construcción y los cálculos involucrados aportan elementos didácticos de gran valor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elgerd Olle I, Control Systems Theory, McGraw-Hill ISE, Tokyo, 1967.

2. Spiegel Murray R, Ecuaciones Diferenciales Aplicadas, 3a Edición, Prentice-Hall, México, 1983.

3. Ogata Katsuhiko, Modern Control Engineering, Prentice Hall, New Jersey 1997.

4. Stang John, The inverted pendulum, Cornell University Engineering Division, Design Project Report, May 2005

5. Medrano-Cersa, G.A, Robust computer control of an inverted pendulum, IEEE Control Systems Magazine, Vol. 19, No. 3, Junio 1999.

6. Wang Li-Xin, A Course In Fuzzy Systems and Control, Prentice-Hall, 1996



DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PROTOTIPO SEGUIDOR SOLAR DE DOS GRADOS DE LIBERTAD PARA CELDAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

GUSTAVO JESÚS OZUNA HUERTA, MARÍA ELENA ANAYA PÉREZ, NUN PITALUA DÍAZ, CARLOS ANAYA EREDIAS

El presente artículo propone y evalúa mediante simulación matemática, un sistema difuso de seguimiento solar con el objetivo de lograr el correcto posicionamiento de una celda solar fotovoltaica y así obtener la mayor cantidad de luz solar durante el día y por lo tanto producir la mayor cantidad de energía eléctrica. Los resultados de la primera fase de la investigación muestran el comportamiento de los motores de corriente directa con respecto a los sensores propuestos para desarrollar esta función. Esta propuesta es una alternativa en la mediana generación de energía eléctrica para satisfacer la demanda de electricidad en casa habitación o comunidades rurales de forma sustentable.

ING. GUSTAVO JESÚS OZUNA HUERTA
Correo: gozuna@industrial.uson.mx

M.C MARÍA ELENA ANAYA PÉREZ
Correo: meanaya@industrial.uson.mx

DR. NUN PITALUA DÍAZ
Correo: npitalua@industrial.uson.mx

M.C CARLOS ANAYA EREDIAS
Correo: canaya@industrial.uson.mx.
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

El presente artículo es un producto del proyecto de la investigación “Diseño y Elaboración de Prototipo Seguidor Solar de Dos Grados de Libertad Para Celdas Solares Fotovoltaicas” en el cual se propone un mecanismo para eficientar la captación de energía solar mediante el posicionamiento de una celda solar con respecto al sol, el cual en su primera fase se modeló el control de este dispositivo matemáticamente con algoritmos de control difuso, que permiten garantizar el correcto posicionamiento del panel fotovoltaico durante el día, y asegurar la máxima captación solar para producir mayor cantidad de energía eléctrica. Los algoritmos de control posicionan el panel de este a oeste siguiendo la trayectoria aparente del sol y de norte a sur posicionándolo en el cambio de estaciones en el año, como se muestra en la Figura 1.

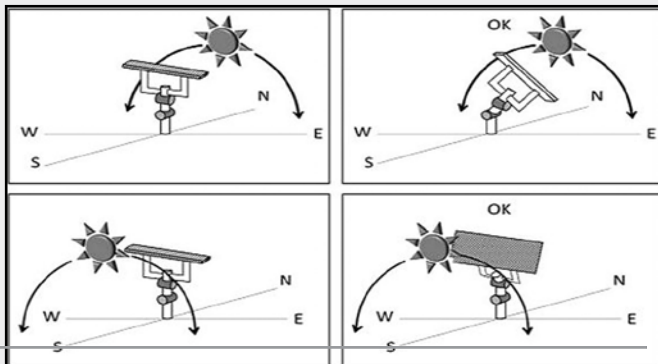


Figura 1. Posiciones del sol y del panel solar

El objetivo de la investigación es mostrar una alternativa más en el seguimiento solar desarrollada totalmente en el campus y mostrar la viabilidad de ésta por simulación matemática. La estructura del siguiente artículo muestra la problemática a resolver , seguida del diseño del prototipo, el modelado del motor de corriente continua que utilizará el prototipo, el sistema de control y los resultados de la simulación, así como la propuesta electrónica por parte del equipo de investigación que da pie a la segunda fase de este proyecto de investigación.

PROBLEMÁTICA

Hoy en día podemos observar a varias disciplinas que buscan desarrollar sistemás sustentables de transformación de energía y que abordan el problema de varios puntos de vista para lograr una producción mas limpia. Las celdas solares fotovoltaicas que podemos observar en la ciudad están instaladas fijas y captan en su mayoría los rayos del sol de medio día. Además en el mercado hay diferentes alternativas de seguimiento solar para celdas fotovoltaicas como el sistema de posicionamiento global, utilizando controladores lógicos programables y mediante computadora utilizando LabView, el prototipo propuesto busca ser una alternativa de bajo costo.

PROTOTIPO

En el sistema mostrado en la Figura 2 se necesita posicionar ambos motores, para asegurar el correcto seguimiento del panel solar en cualquier posición del sol con respecto al Este-Oeste o Norte-Sur. Los 2 motores que se utilizan son de corriente directa, con la siguiente aplicación:

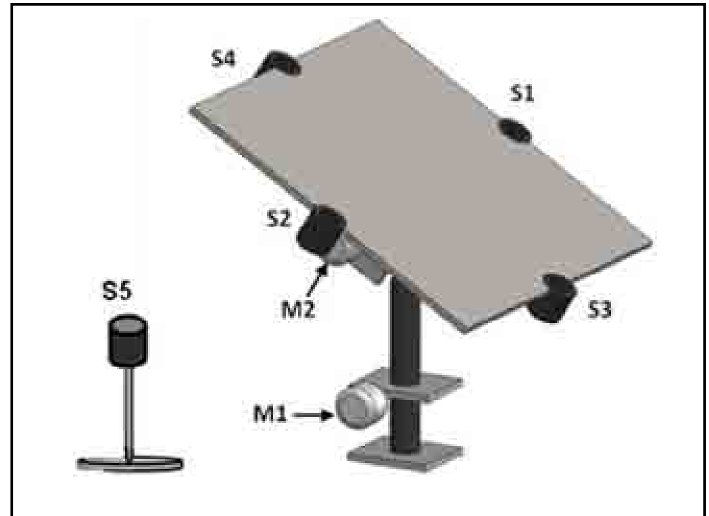


Figura 2. Seguidor solar con sensores

M1: Motor 1 ⟶ Posición horizontal (Norte-Sur, Sur-Norte)

M2: Motor 2 ⟶ Posición vertical (Este-Oeste, Oeste-Este)

Estos son modelados matemáticamente con las siguientes ecuaciones: [4], [5]

Donde V_{APP} es el voltaje aplicado, R es la resistencia eléctrica, L es la inductancia, b es la fricción, J es el momento de inercia para el motor y KΦ es la contante del campo electromagnético representados en la Figura 3.

$$\frac{di}{dt} = \frac{V_{app}}{L} - \frac{R}{L}i - \frac{K_{\Phi}}{L}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{K_{\Phi}}{J} - \frac{b}{J}\omega$$

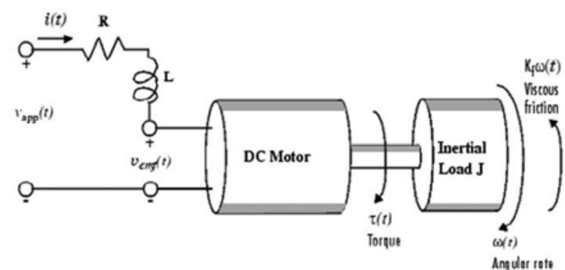


Figura 3. Motor DC

Además para el sistema se están considerando 5 sensores codificados de la siguiente manera:

S1 → Este

S2 → Oeste

S3 → Sur

S4 → Norte

S5 → Día o Noche

Estos sensores foto resistivos sólo permiten pasar un de-terminado voltaje que va desde los 0 volt hasta los 5volts dependiendo de la cantidad de luz solar que les llegue, logrando con ello valores continuos. El quinto sensor S5, sólo es sensible a la radiación solar e indica si es de noche o de día.

CONTROL

Para el control se propone utilizar un controlador difuso debido a que éste emula aceptablemente el razonamiento humano y podrá tomar decisiones a partir de datos imprecisos [2]. Se pretende utilizar un Microcontrolador en el cual se programen las reglas difusas y así poder posicionar el panel fotovoltaico en los cuatro puntos cardinales como lo muestra la Figura 1

Las ecuaciones del motor DC así como las entradas de voltaje por parte de los sensores fueron simuladas por medio de MATLAB y Simulink lo cual es representado en la Figura 4.Para el sistema de control se utilizan los dispositivos de entrada S1 y S2 para el sistema de control de posición del motor 1, S3 y S4 para el sistema de control de posición del motor 2 y además el sensor S5 el cual detecta la radiación solar y controla los otros cuatro sensores. El Microcontrolador (simulado) realiza las comparaciones de los sensores S1- S2 y S3-S4 para calcular el error y después enviar la señal al motor 1 o motor 2, lo cual es retroalimentado constantemente, mediante la comparación del voltaje de entrada de los sensores para lograr el posicionamiento del panel fotovoltaico, adecuado si el error es cero cuando los sensores S1 y S2 estén recibiendo el mismo voltaje.

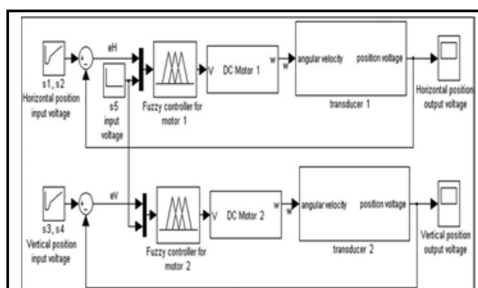


Figura 4. Sistema de control de posición para el adecuado seguimiento del sol en Simulink

Los sensores S3 y S4 trabajan de la misma manera. La posición se determina con la información establecida en las tablas de inferencia difusa (tablas 1 y 2), donde cada regla hace la comparación entre el sensor S5 y el error horizontal (eH) para el caso del motor 1 y el error vertical (eV) para el motor 2. Las funciones de membrecía utilizadas para el sistema de seguimiento solar difuso están representadas en las Tablas 1 y 2:

eH/S5	ON	OFF
NEG	EO	OK
Ok	OK	OK
POS	OE	OK

Tabla 1. Tabla de inferencia difusa para posición horizontal

eV/S5	ON	OFF
NEG	SN	OK
Ok	OK	OK
POS	NS	OK

Tabla 2. Tabla de inferencia difusa para posición vertical

En la Figura 5 podemos observar la representación del conjunto difuso del voltaje resultante en eH, donde a cada valor de voltaje de [-5 5], le corresponde un rango [0 1] según sea su pertenencia. Cuando el sistema queda estabilizado en "OK", el sistema de seguimiento recibe en su entrada la misma cantidad de voltaje entre los sensores y por lo tanto la celda fotovoltaica esta posicionada correctamente en la trayectoria Este-Oeste. Además el conjunto difuso para eV es similar al utilizado en la figura 5 porque el comportamiento de los errores son parecidos, debido a que los voltajes de entrada en ambos sistemas de control provienen de sensores con el mismo rango de voltaje.

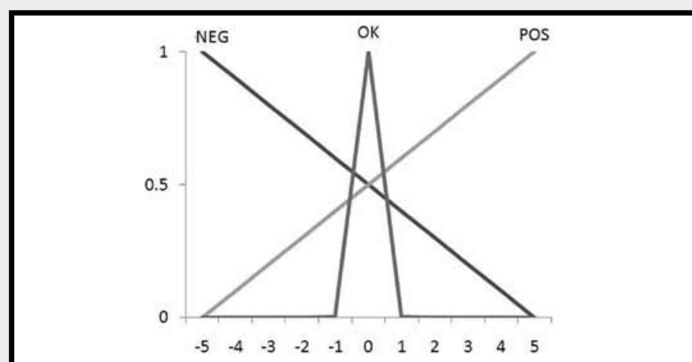


Figura 5. Conjunto difuso de entrada para ambos errores de posición (eH, eV)

Los conjuntos difusos de salida que se muestran en las figuras 6 y 7, son similares para los motores 1 y 2, puesto que ambos comparten las mismas características mecánicas y eléctricas además de recibir la información por parte de sensores con el mismo comportamiento

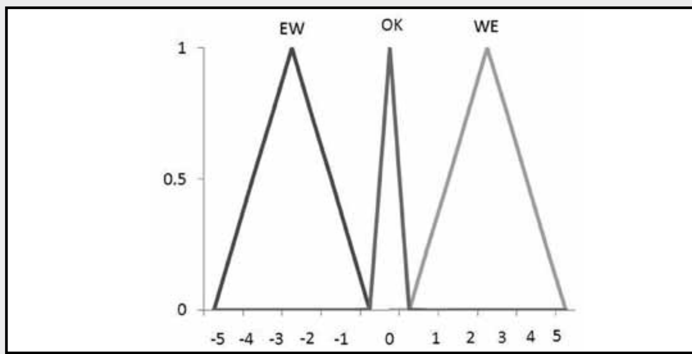


Figura 6. Conjunto difuso de salida para el controlador difuso del motor1

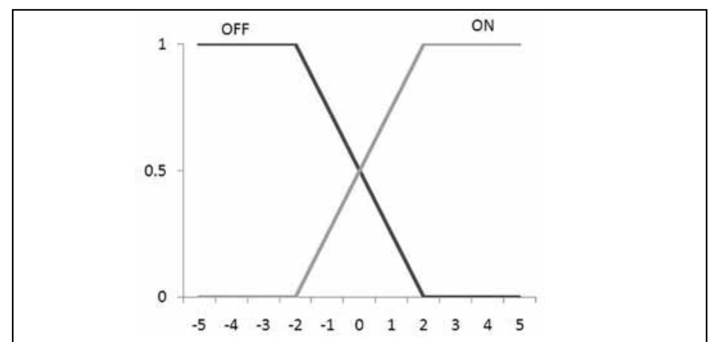


Figura 7. Conjunto difuso de salida del sensor 5

En la figura 7 se muestra el conjunto difuso de entrada del sensor S5 el cual es un pirheliómetro y su función es detectar la radiación solar. Este se ubica fuera del sistema, por lo cual se podrían controlar varios sistemas de seguimiento solar difuso a la vez. Cuando es de día S5 toma el valor ON, por lo que los otros sensores empezarán a buscar la máxima luz solar y cuando el sensor S5 está en OFF, los otros sensores dejan de buscar, aunque los sensores del panel detecten otro tipo de luz, por ejemplo de lámparas u otras fuentes luminosas, no serán tomadas en cuenta porque sólo es sensible a la radiación solar, evitando con ésto perdidas de energía durante la noche estando en reposo.

En las tablas 3 y 4 se muestran las reglas de control difuso para el sistema tanto en posición vertical y horizontal.

	FUZZY RULES
1	If (eH is NEG) and (S5 is ON) then (M1 is EW)
2	If (eH is ok) and (S5 is ON) then (M1 is OK)
3	If (eH is POS) and (S5 is ON) then (M1 is WE)
4	If (eH is NEG) and (S5 is OFF) then (M1 is OK)
5	If (eH is ok) and (S5 is OFF) then (M1 is OK)
6	If (eH is POS) and (S5 is OFF) then (M1 is OK)

Tabla 3. Reglas base para el control difuso de posición horizontal

	FUZZY RULES
7	If (eV is NEG) and (S5 is ON) then (M2 is SN)
8	If (eV is ok) and (S5 is ON) then (M2 is OK)
9	If (eV is POS) and (S5 is ON) then (M2 is NS)
10	If (eV is NEG) and (S5 is OFF) then (M2 is OK)
11	If (eV is ok) and (S5 is OFF) then (M2 is OK)
12	If (eV is POS) and (S5 is OFF) then (M2 is OK)

Tabla 4. Reglas base para el controlador difuso de posición vertical

SIMULACIÓN

Para la simulación se representaron los valores de voltaje por medio de 5 vectores como entrada para los sensores S1, S2, S3, S4 y S5 en el sistema representado en la Figura 4 por medio del software SIMULINK perteneciente a la plataforma MATHLAB. La Figura 9 muestra el comportamiento del motor 2 que controla la posición de la celda solar, en la zona WE-EW (Oeste-Este Este-Oeste), donde la posición del panel comienza en la zona WE y luego va en dirección de EW para direccionarse hacia el punto máximo de EW para después regresar a la zona WE terminando en el punto máximo de WE.

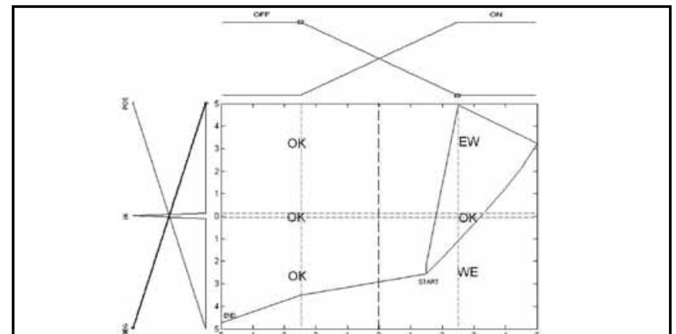


Figura 9. Trayectoria lingüística para la posición horizontal del panel solar

Así mismo, la figura 10 muestra el comportamiento del motor 1, y la posición del panel durante el día y en la zona NS-SN (Norte-Sur Sur-Norte). La gráfica comienza en la zona NS el comportamiento de este vector siempre se mantiene en el rango de [5 - 5] lo cual indica que la trayectoria se va intercambiando de las zonas NS-SN. La cual nos muestra la trayectoria lingüística por medio de zonas de activación en un periodo de 12 hrs. Las Figuras 10 y 11 muestran la velocidad angular horizontal del motor 1 y la velocidad angular vertical del motor 2 en un periodo de 12 hrs [1].

PROPUESTA ELECTRÓNICA

Después de haber realizado las pruebas de simulación del comportamiento de los motores con respecto a los sensores y haber obtenido que el sistema simulado sea

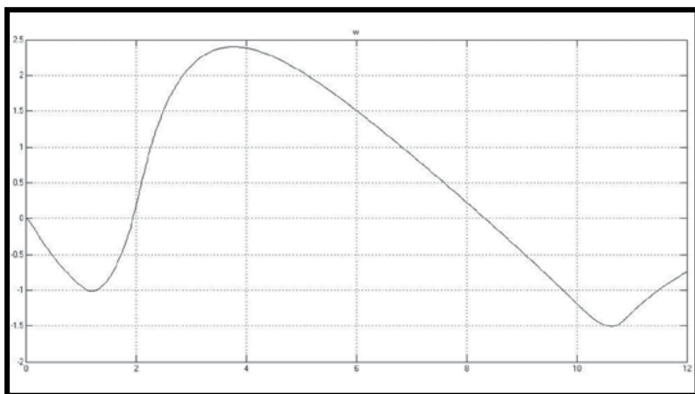


Figura 10. Velocidad angular horizontal en un periodo de 12 hrs

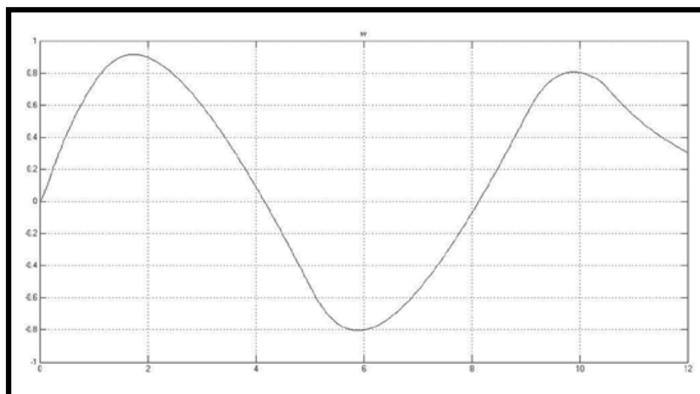


Figura 11. Velocidad angular vertical en un periodo de 12 hrs

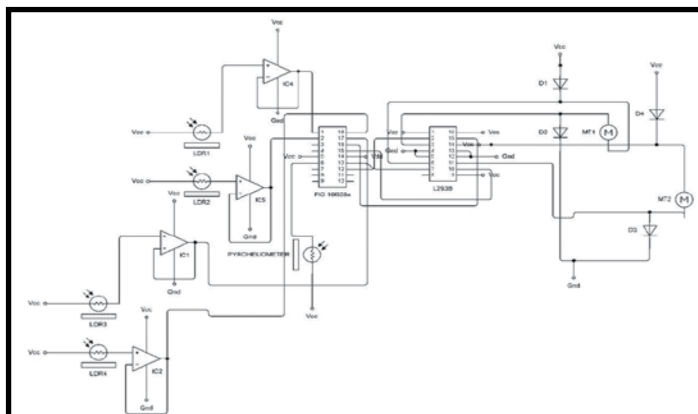


Figura 12. Propuesta electrónica para el seguidor solar

estable, el equipo de investigación elaboró la propuesta electrónica, la cual se muestra en la figura 12. Este circuito utiliza el Microcontrolador PIC 16F628A el cual tendrá programadas las reglas difusas además de ser un Microcontrolador popular de bajo costo.

CONCLUSIONES

El buscar nuevas alternativas para eficientar los sistemas tradicionales de transformación de energía solar en la universidad de Sonora, contribuirá al logro de una universidad sustentable comprometida con el medio ambiente. El sistema propuesto es una alternativa económica en la mediana generación de energía eléctrica para satisfacer la demanda de electricidad en aulas, casa habitación o comunidades rurales.

BIBLIOGRAFÍA

1. J. Zhang, J. Xiong,, and Y. Chen, "Self-tuning Fuzzy Control Method Based on the Trajectory Performance of the Phase Plane", Proceedings of the Sixth International Conference for Enhanced Building Operations, Shenzhen, China, November 6 - 9, 2006.

2. K. Passino and S. Yurkovich, Fuzzy Control, Addison Wesley, 1998.

3. W. Elshamy, DC motor model, MATLAB central archives, 2006

4. A. Louchene, A. Benmakhlouf and A. Chaghi, "Solar tracking system with fuzzy reasoning applied to crisp sets", Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2, Algérie, 2007, pp 231-240.

INVESTIGACION

CAÍDAS EN EL ADULTO MAYOR

FACTORES DE RIESGO QUE REPERCUTEN EN SU ESTADO DE SALUD

BLANCA ESCOBAR CASTELLANOS, MARÍA GPE. MARTÍNEZ MARTÍNEZ, MARIBEL VILLEGAS CASTRO

Las caídas en los adultos mayores (AM) son un problema de salud pública porque se encuentran vinculadas a la discapacidad, a la disminución de la calidad de vida y al incremento del número de años de vida potencialmente perdidos. Además, las lesiones demandan una mayor inversión de recursos económicos, sociales y humanos, la planeación de programas especializados y la redefinición de prioridades en salud.

El presente trabajo permitió identificar los factores de riesgo que contribuyen a que un adulto mayor presente una o más caídas en el curso de su vida, se identifico que los más susceptibles de presentarlas eran los mayores de 75 años. Entre los factores intrínsecos se identificó la pérdida del equilibrio como principal causa. Una minoría mostró riesgo a la marcha identificándose mecanismos de adaptación para la misma, como el uso de aditamentos y aumento de la base de sustentación para deambular. En la valoración del equilibrio-marcha como predictor de caídas se encontró que un porcentaje importante presentaba cinco veces mayor riesgo de caer.

Entre los factores de riesgo extrínsecos, las causas de caídas más frecuentes fueron atribuidas a la presencia de obstáculos y superficies resbaladizas dentro del entorno habitual de la población, sin embargo las caídas se presentaron dentro y fuera del hogar. Además se identificó que la mayoría de la población no cuenta con la cultura de prevención de caídas.

MCE. BLANCA ESCOBAR CASTELLANOS.
Departamento de Enfermería. Universidad de Sonora.
Correo: escobarcblanca@enfermeria.uson.mx

M. ED. MARÍA GPE MARTÍNEZ MARTÍNEZ. Facultad de Enfermería.
Universidad Autónoma de Nuevo León. Correo: mmartinez20@hotmail.co

MCE. MARIBEL VILLEGAS CASTRO.
Departamento de Enfermería. Universidad de Sonora.
Correo: maribelvillegas_72@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Entre los accidentes, las caídas son la fuente más importante de morbilidad y mortalidad para los Adultos Mayores (AM), convirtiéndose en un grave problema de salud pública, por las lesiones que producen. De los ingresados en el hospital a causa de las caídas, únicamente el 50 % estará vivo al cabo de un año (1). En países desarrollados el 30 % de las personas de 65 años o más que viven en su casa, pueden caer una o más veces por año; este porcentaje se incrementa hasta 50% en los adultos mayores de 80 años. El fenómeno de traumatismos originados por caídas predomina en el sexo femenino en una relación 2.7:1.00 en las edades de 60 a 65 años, pero tiende a igualarse por sexos conforme se incrementa la edad y tiende a ser más frecuente en los varones después de los 85 años (2).

Según la Encuesta Nacional de Salud en México (2000) dentro de las causas de los accidentes, las caídas ocuparon cerca de la mitad de los casos notificados. La prevalencia en las mujeres se incrementó al menos dos puntos porcentuales por cada grupo decenal de edad a partir de los 60 años, pasando de 4.6 % en el grupo de 60 a 69 años, a 6.6 % en el grupo de 70 a 79 años, hasta alcanzar 8.9 % en el grupo de 80 y más años (3).

La caída es la consecuencia de cualquier acontecimiento que precipita al individuo al suelo en contra de su voluntad, siendo la etiología multifactorial, por su elevada frecuencia y sus múltiples complicaciones constituyen un importante problema de salud. Son la principal causa de muerte por lesión en los AM debido a la susceptibilidad a los accidentes, atribuido a cambios fisiológicos o enfermedades degenerativas agudas o crónicas (4)

La interacción entre factores de riesgo (alteraciones del equilibrio y marcha, fármacos y enfermedades crónicas) y la exposición a situaciones u oportunidades de caer se deben tomar en cuenta simultáneamente, debido a que la caída en un adulto mayor no es un hecho impredecible o inevitable, debido al azar o al envejecimiento normal del individuo. En la mayoría de los casos se trata de una inadaptación entre la persona y su entorno de origen multifactorial; el riesgo de sufrir una caída aumenta linealmente con el número de factores de riesgo existentes (5).

CAUSAS Y CONSECUENCIAS QUE PRECIPITAN AL ADULTO MAYOR A PRESENTAR UNA CAÍDA

Algunos autores identificaron que las caídas en la población de AM, son causadas como muestra de lo que en apariencia parecería ser el comienzo de un proceso de claudicación de la fuerza vital de un sujeto, asociando el proceso de envejecimiento con varios cambios que predisponen a las caídas: los responsables de la estabilidad postural, las alteraciones visuales, auditivas y neurológicas propias de la edad (6). En relación al lugar de ocurrencia





aproximadamente 80 % ocurren en el hogar y el resto fuera de él; suceden tanto en posición de pie como en situación de reposo (7). De un tercio a la mitad de las personas mayores de 65 años sufren una caída cada año (8).

Aproximadamente 30 % de los adultos mayores que se encuentran en casa hogar para ancianos sufren caída cada año; el número es mayor en las instituciones de salud. A pesar de que menos de una caída de cada 10 causa una fractura, un quinto de los incidentes de caídas requiere atención médica (9). Es común que los AM que presentan caídas tengan en promedio de tres a cuatro enfermedades coexistentes, entre las más comunes se encuentran alteraciones cardiovasculares, metabólicas, musculo esqueléticas, así como discapacidad visual y motora predominantemente en el sexo femenino y de mayor edad (2,6). Las caídas repercuten en la estancia hospitalaria y elevan el costo económico por las complicaciones inherentes (10).

FACTORES DE RIESGO

Para este estudio se consideraron los factores de riesgo tanto intrínseco como extrínseco que pueden propiciar una caída y afectar la integridad física de las personas mayores de 60 años.

Los factores de riesgo son cualquier característica o circunstancia detectable de una persona o grupo de personas que se sabe asociada con un aumento en la probabilidad de padecer, desarrollar o estar especialmente expuesto a un proceso mórbido. Estos factores de riesgo (biológicos, ambientales, de comportamiento, socioculturales, económicos) pueden sumándose unos a otros, aumentar el efecto aislado de cada uno de ellos produciendo un fenómeno de interacción (11, 12).

El factor de riesgo intrínseco se consideró como una condición fisiológica relacionada con el individuo que puede predisponer a una caída, como son: caídas previas, número de enfermedades y medicamentos que actualmente consumen las personas así como el nivel cognitivo, equilibrio y cambios en la marcha.

El factor de riesgo extrínseco, se reconoció como la condición ambiental que puede incrementar la susceptibilidad de caer y producir daños a la salud del adulto mayor, como: características de los pisos, de las áreas de la vivienda, la iluminación, escaleras, áreas exteriores y precauciones personales.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El propósito de este estudio fue identificar los factores de riesgo de caídas a los cuales está expuesta la población adulto mayor derechohabiente de una institución de primer nivel de atención. Los objetivos fueron: 1. Identificar el perfil sociodemográfico y antecedentes de caídas de la población sujeto de estudio y 2. Identificar los factores de riesgos intrínsecos y extrínsecos de caídas de la población por sexo y grupo etáreo.

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA

El presente estudio es de tipo descriptivo, a través del cual se describen los factores de riesgo de caídas de los AM (13). La población estuvo conformada por adultos mayores de 60 años adscritos a la Clínica de Medicina Familiar del ISSSTE de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. La muestra fue calculada en el paquete estadístico nQuery advisor v. 4.0, con un nivel de significancia de 0.05 y un límite de error de 0.06, quedando constituida por 190 AM, correspondiendo a 107 hombres y 83 mujeres.

Para recolectar la información, se acudió al servicio de consulta externa de la institución de salud para la selección de los usuarios con base al control de citas diarias. Se elaboró una cédula de datos sociodemográficos la cual permitió recabar información sobre: edad, sexo, escolaridad, problemas de salud, tratamiento médico actual, así como antecedentes de caídas, causas y lugar de ocurrencia. Se valoró el estado cognitivo con el examen mental de Pfeiffer. El equilibrio estático y dinámico fue evaluado con la Escala de Tinetti para equilibrio. Continuando con la valoración de la marcha empleando la Escala de Tinetti para marcha. Finalmente se utilizo una lista de Verificación de Seguridad Domiciliaria (14) la cuál evaluó las características arquitectónicas y la presencia o ausencia de riesgos en el medio ambiente del adulto mayor.

Al concluir la entrevista se proporcionó información sobre Prevención de Caídas en el Hogar de los Adultos Mayores.

Los resultados se procesaron en el paquete estadístico SPSS v. 13.0, se analizó la distribución de variables continuas mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov. Se obtuvo el coeficiente de Alpha de Cronbach de los instrumentos de Tinetti para las subescalas de equilibrio y marcha y la escala equilibrio-marcha. Se utilizó estadística descriptiva a través de frecuencias y medidas de tendencia central. La estadística inferencial fue analizada con pruebas no paramétricas de U de Mann Whitney y la Prueba de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

La edad predominante de los adultos mayores estuvo en el rango de 65 a 74 años (x = 71.43 + DE = 7.08), el 56.3 % era del sexo masculino y 43.7 % femenino, el 88.4 % vivía con familia y 85.3 % habitaban en casa de una planta. El 55.8 % había presentado antecedentes de caídas previas al momento del estudio, con x = 1.14 + (DE =1.54) de estos, 42.1 % sufrió de una a dos caídas y 7.9 % de cinco a más, un 32.1 % habían sufrido alguna caída en los últimos seis meses. La población padecía de una a dos enfermedades crónico-degenerativas (70.5 %) y el 75.2 % tomaban de uno a cuatro medicamentos (x = 2.60 + DE = 1.77).

De la población que reportó haber sufrido caídas, el 41.6 % correspondió a factores extrínsecos predominando la presencia de obstáculos y superficies resbalosas en el medio ambiente. Del 14.2 % de los factores intrínsecos prevaleció la pérdida del equilibrio. En cuanto al lugar de ocurrencia de las caídas 26.3 % sucedieron en la casa, 16.8 % en la calle y 12.6 % en lugares públicos. De las caídas en casa predominó el área del baño (6.8 %) y patio (4.7 %). Las caídas registradas en la calle sucedieron en la banqueta (14.2 %). Las caídas en lugares públicos prevalecieron los comercios en 2.1 % y otras con 6.9 %.

Al evaluar el estado cognitivo se identificó que 91 % de los adultos mayores no presentaron alteración y solo 6.3 % tenía deterioro leve. En la evaluación del equilibrio 89.5 % mostró riesgo de pérdida del equilibrio y 44.2 % presento riesgo para la marcha. Con relación a la evaluación integrada de equilibrio - marcha se identificó que más del 50 % de la población presentó algún riesgo de caer y 20.5 % presentó cinco veces más riesgo. (Tabla1).

En la valoración del equilibrio, 66.3 % empleó los brazos para levantarse, 21.1 % requirió de más de un intento o ayuda para ponerse de pie, en posición de pie 68.9 % mantuvo una posición estable con una distancia mayor de 12 centímetros entre los talones, al ejercer un empujón ligero 45.8 % se tambaleó y 14.7 % tendió a caerse, 42.1% al mantenerse de pie con los ojos cerrados

Variable	Indicador	*f*	%
Estado Cognitivo	Intacta	173	91.1
	Deterioro Leve	12	6.3
	Deterioro Moderado	4	2.1
	Deterioro Severo	1	0.5
Equilibrio	Normal	20	10.5
	Con riesgo	170	89.5
Marcha	Normal	106	55.8
	Con riesgo	84	44.2
Equilibrio-Marcha	Normal	53	27.9
	Riesgo	98	51.6
	5 veces más riesgo	39	20.5
Fuente: SPMSQ, Tinetti			*n* = 190

Tabla 1. Evaluación del Estado Cognitivo, Equilibrio, Marcha y Equilibrio-Marcha

mostró inestabilidad, al realizar un giro de 360 grados con los ojos cerrados 44.2 % mostró pasos discontinuos y 33.2 % inestabilidad, al sentarse el 44.7 % usó los brazos para asegurarse y 7.4 % se mostró inseguro.

En la evaluación de la marcha, el 88.9 % no vaciló al iniciar la marcha, presentaron buena altura, longitud y simetría del paso con ambos pies, 13.7 % mostró discontinuidad al caminar, 23.6 % presentó desviación leve/moderada o marcada de la marcha, en 23.7 % se observó alguna alteración de la posición del tronco y 29.5 % separó los talones cuando caminó.

Con respecto a los factores de riesgo extrínseco en el interior del hogar el 24.7% contaba con pisos de material resbaloso, 37.4 % presentaban desnivel o irregularidades. En el baño no utilizaba tapetes antideslizantes en el área de regadera (84.2%), ni en el cuarto de baño (70.5 %), un 86.3 % no tenían instalada agarradera fija en el área de regadera. En relación con la iluminación 45.8 % no contaban con luces nocturnas que conducen al baño y 51.6 % con lámpara o apagador que pudieran alcanzar desde la cama.

En cuanto a los factores de riesgo extrínsecos en el área exterior, el 56.8 % tenían tapete en la entrada de la casa, en 30.5 % no estaban bien pavimentadas las calles y banquetas de su comunidad y 22.6 % contaban con obstáculos alrededor de su casa. En relación al calzado 28.4 % acostumbraba a caminar descalzo y con calcetines (25.3 %). Entre las precauciones personales el 65.3 % no tenían banco para alcanzar objetos en altos y 41.6 % tenían animales de compañía con los cuáles pueden tropezar. Con respecto a la población que habitaba en casa de dos plantas 12.1 % no contaban con antiderrapante en cada uno de los escalones.

Al comparar el sexo de los participantes con los factores de riesgo intrínsecos se identificó diferencia significativa con mediana más baja para el sexo masculino en relación a enfermedades (*Mdn*= 1.00, *U*= 3103.50, *p*= .000), tratamientos (*Mdn*= 2.00, *U*= 3167.50, *p*= .001) y caídas previas (*Mdn*= 0.00, *U*= 2717.00, *p*= .000). Además se





identificó diferencia significativa en el sexo femenino en relación al equilibrio con mediana = 11.00 (*U*= 3617.00, *p*= .028). (Tabla 2).

Factores de riesgo intrínsecos	Sexo [a] Femenino		[b] Masculino		U	Valor de p
	$\bar{x}$	*Mdn*	$\bar{x}$	*Mdn*		
Enfermedades	2.00	2.00	1.38	1.00	3103.50	.000
Tratamientos	3.07	3.00	2.23	2.00	3167.50	.001
Caídas previas	1.71	1.00	0.69	0.00	2717.00	.000
Equilibrio	10.61	11.00	11.50	13.00	3617.00	.028
Marcha	10.31	12.00	10.32	12.00	4368.00	.832
Equilibrio-marcha	20.96	22.00	21.82	24.00	3729.00	.058

Fuente: CDS, Tinetti — ^{a} *n* = 83, ^{b} *n* = 107

Tabla 2. Factores de Riesgo Intrínsecos en relación al Sexo de los participantes

Los factores de riesgo intrínsecos (enfermedades, tratamientos y caídas previas) en relación al grupo etáreo, no se encontró diferencia significativa, entre los grupos de edad con p> .05. En relación con enfermedades se encontró en el grupo de 75 a 79 años mediana más alta (*Mdn*= 2.00, *H*= 1.85, *p*= .763), en tratamientos la mediana más baja se identificó en el grupo de 75 a 79 años (*Mdn*= 2.00, *H*= .25, *p*= .992), y en caídas previas la mediana más baja fue para el grupo de 65 a 69 con mediana de 0.00 (*H*= 5.09, *p*= .277).

En cuanto a los factores de riesgo intrínsecos (equilibrio, marcha y equilibrio-marcha) en relación con el grupo etáreo, se identificó diferencia significativa entre los diferentes grupos de edad con *p*= .000. Obteniéndose medianas más bajas en el equilibrio para los grupos de 75 a 79 y los mayores de 80 años con mediana = 10.00 (*H*= 29.11, *p*= .000) respectivamente. En marcha el grupo de 80 y más años mostró mediana más baja (*Mdn*= 10.00, *H*= 18.04, *p*= .001) y en relación con el equilibrio-marcha el grupo de 80 y más años mostró mediana más baja (Mdn= 19.00 (*H*= 28.56, *p*= .000). (Tabla 3).

Factor de Riesgo Intrínseco	Edad	*n*	$\bar{x}$	*Mdn*	*H*	Valor de *p*
	60-64	31	13.16	13.00		
	65-69	48	12.63	13.00		
Equilibrio	70-74	48	10.50	12.00	29.11	.000
	75-79	33	10.18	10.00		
	80 y más	30	8.60	10.00		
	60-64	31	11.29	12.00		
	65-69	48	11.27	12.00		
Marcha	70-74	48	10.25	12.00	18.04	.001
	75-79	33	9.94	12.00		
	80 y más	30	8.30	10.00		
	60-64	31	24.35	25.00		
	65-69	48	24.02	24.50		
Equilibrio-Marcha	70-74	48	20.75	23.00	28.56	.000
	75-79	33	20.12	22.00		
	80 y más	30	16.90	19.00		

Fuente: Tinetti — *n* = 190

Tabla 3. Factores de Riesgo Intrínsecos: Equilibrio, Marcha y Equilibrio-Marcha en relación al Grupo Etáreo

Al valorar los factores de riesgo extrínsecos en relación con el sexo se identifico que no mostraron diferencia significativa, la mediana más baja correspondió al sexo femenino (*Mdn*= 67.18, *H*= .781, *p*= .377). Con respecto a los factores extrínsecos en relación con el grupo etáreo, se observa que no existió diferencia significativa entre los grupos de edad, las medianas más bajas se observaron para los grupo de 60 a 64 y 80 y más años respectivamente (*Mdn* = 67.18, *H*= 5.237, *p* = 264). (Tabla 4)

Variable	Edad	*n*	$\bar{x}$	*Mdn*	*H*	Valor de *p*
	60-64	31	66.83	67.18		
	65-69	48	68.39	68.75		
Factores de Riesgo Extrínsecos	70-74	48	71.02	70.31	5.237	.264
	75-79	33	69.27	68.75		
	80 y más	30	69.11	67.18		

Fuente: LVSD — *n* = 190

Tabla 4. Factores de Riesgo Extrínsecos en relación al Grupo Etáreo

DISCUSIÓN

La mayoría de la población AM estudiada vivía con familia y más de la mitad había presentado caídas en algún momento de su vida, de éstos casi la mitad habían sufrido de una a dos caídas en un período mayor a seis meses y una tercera parte en los últimos seis meses, esto coincide con autores (2) quienes señalan que en los países desarrollados las personas mayores de 65 años que viven en su hogar pueden caer una o más veces por año, incrementándose hasta la mitad en los AM de 80 años, identificando como factor de protección que el AM viva acompañado.

Más de la mitad de los AM de 60 años tenían antecedentes de caídas previas, el predominio de las mismas ocurrieron fuera del hogar atribuídas a obstáculos y superficies resbalosas; algunos autores mencionan que la mayoría de las caídas ocurren fuera del hogar ocasionadas por las mismas causas, sin embargo, este hallazgo no coincide con lo reportado por otros autores (7) quienes identificaron que la mayoría de las caídas ocurren en el hogar, tanto en posición de pie como en situación de reposo.

En relación al lugar específico donde ocurrieron las caídas dentro del hogar, los factores ambientales son la principal causa precipitante de caídas por accidente siendo los más representativos bañeras, escaleras y muebles que disminuyen las áreas de tránsito en los pasillos del hogar, mismos que se constituyen en factores de riesgos de caídas. Los AM padecían hasta cuatro enfermedades crónico degenerativas, predominando hipertensión arterial sistémica y diabetes mellitus y recibían en promedio 2.6 hasta un máximo de nueve medicamentos como tratamiento, esto es similar a lo reportado por algunos autores (2,6) donde es común la presencia de pluripatologías, medicación múltiple, edad mayor de 80 años, discapacidad para deambular y visual como factores asociados a caídas previas.

En relación al estado cognitivo, la gran mayoría de la población tenía un nivel cognitivo intacto, no se encontró relación con las caídas; estos resultados coinciden con autores que reportaron que las personas que cayeron tenían evaluación funcional y mental normal en dos terceras partes de la población, no encontrándose asociación con el riesgo de caer. En la evaluación equilibrio-marcha se identificó que la mitad de las personas mostraron riesgo y una quinta parte presentó cinco veces más riesgo de caer, los trastornos de marcha están relacionados con el riesgo de caer atribuidos a cambios fisiológicos de la edad.

Las personas que presentaron alguna alteración del equilibrio y/o marcha, mostraron mecanismos de adaptación para su situación como son el empleo de los brazos para levantarse y asegurarse al momento de sentarse, algunos requirieron de ayuda para ponerse de pie y mantuvieron una base de sustentación con distancia mayor a 12 centímetros al ponerse de pie. Para la marcha se identificaron el uso de ayudas para caminar y separar los talones cuando caminan. Esto coincide con otros autores (1, 8) que reportan que a los factores de riesgo se agregan el no flexionar las rodillas durante la marcha y no levantar el pie completamente del suelo.

En relación con los factores de riesgo extrínsecos se identificó que la mayoría de la población estaba expuesta a riesgos de caer, esto coincide con lo reportado por algunos autores (9,14) que encontraron asociación entre las condiciones de la vivienda con el riesgo de caer e identificaron que la mayoría de la población mostró algún tipo de riesgo de caer dentro y fuera del hogar, siendo los más detectados la presencia de pisos resbalosos, desniveles, obstáculos y el uso inapropiado de calzado.

CONCLUSIONES

La población estudiada estaba expuesta a riesgo como antecedentes de una a dos caídas previas en un período de seis meses, siendo los más susceptibles de presentar caídas los mayores de 75 años. Entre los factores intrínsecos se identificó que la pérdida del equilibrio fue la principal causa atribuída a las caídas. En razón de las enfermedades, consumo de medicamentos y caídas previas se encontró diferencia significativa en relación con el sexo.

En la valoración del equilibrio se encontró que casi la totalidad de la población presentó alteración o riesgo de caer, en la marcha una minoría mostró riesgo, se identificaron mecanismos de adaptación para la misma, como fue el uso de aditamentos y aumento de la base de sustentación para deambular. En la valoración del equilibrio-marcha como predictor de caídas se encontró que la mayoría presentaba riesgo y un porcentaje importante presentaba cinco veces mayor riesgo de caer.

En relación con los factores de riesgo extrínsecos, las causas de caídas más frecuentes fueron atribuídas a la presencia de obstáculos y superficies resbaladizas dentro del entorno habitual de la población, sin embargo las caídas se presentan dentro y fuera del hogar.

No se encontró diferencia significativa en los factores de riesgo extrínsecos en relación con el sexo y el grupo etáreo. Al realizar la verificación de seguridad domiciliaria y medidas de seguridad personal se identificó que la mayoría de la población no cuenta con la cultura de prevención de caídas.



BIBLIOGRAFÍA

1. Genua, M. I., Miró, B., Hernández R., Martínez, M., Miró, M. & Pardo, C. (2000). Geriatría: Farmacología Hospitalaria. 965-967.

2. Santillana, H. S., Alvarado, M. L., Medina, B. G., Gómez O. G. & Cortés, G. R. (2002). Caídas en el Adulto Mayor. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, 40(6), 489-493.

3. Instituto Nacional de Salud Pública. (2000). Encuesta Nacional de Salud. La Salud de los Adultos.

4. Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud. (2004). Seguridad de los Pacientes, un Problema de Salud Pública Mundial. Centro de Noticias OPS/OMS Bolivia.

5. Varela, P. L. (2005). El Adulto Mayor con Caídas Recurrentes. XXVI Curso Internacional de Medicina Interna. Recuperado el 15 de Diciembre de 2005, http://www.medicinainterna.com.

6. Gac, E. H. (2000). Caídas en el Adulto Mayor. Programa de Geriatría y Gerontología. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado el 20 de Noviembre de 2005, de http://escuela.med.puc.cl/publ/boletin/Geriatria/CaidasAdulto.html

7. Pescador, V. A., Lizán, G. M., Salas, S. M., Romero, G. A. & Córcoles, J. P. (2002). Registro de Caídas en el Complejo Hospitalario del Albacete durante el Año 2000.

8. Esterson, S. (2005). Caídas en la Tercera Edad. Recuperado el 23 de Noviembre de 2005, de http://www.enplenitud.com/nota.asp

9. Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G., Rowe, B. H. (2003). Intervenciones para la Prevención de Caídas en las Personas Ancianas. Biblioteca Cochrane Plus, 3. Recuperado el 4 de diciembre de 2005, de http://www.update-software.com/abstractsES/AB000340-ES.htm

10. Tapia, V. M., Salazar, C. M., Tapia, C. L. & Olivares, R. C. (2003). Prevención de Caídas. Indicador de Calidad del Cuidado Enfermero. Revista Mexicana de Enfermería Cardiológica, 2(11), 51-57.

11. Fernández, S. P., Vila, A. & Montero. C. (1997). Determinación de Factores de Riesgo. Atención Primaria en la Red. Recuperado el 18 de Junio de 2006, de http://www.fisterra.com/mbe/investiga/3f_de_riesgo/3f_de_riesgo.html.

12. Tawfik, A. M. (2002). Glossary of Health Care Quality Interpretations of Care. (1ª ed.). Universidad de Bailor, Texas. USA.

13. Polit, D. F. & Hungler, B. P. (1999). Investigación Científica en Ciencias de la Salud. (6ª ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.

14.Rodríguez, P. R. (1999). Estímulos Contextuales, Respuesta Fisiológica y Caídas en el Adulto Mayor. Tesis de Maestría no publicada. Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

DINÁMICA CLÁSICA Y FRAGMENTACIÓN EN EL PROCESO DE FORMACIÓN DE PROTO-ESTRELLAS

GUILLERMO ARREAGA GARCÍA, SILVIO ORESTE TOPA

Las estrellas nacen en nubes de gas como resultado final del proceso de colapso gravitacional. En este proceso actúan varias fuerzas, a saber: la prominente fuerza atractiva de la gravedad debido al peso de la propia nube; la fuerza repulsiva de la presión del gas y la fuerza centrífuga originada por la rotación que se observa generalmente en las nubes moleculares. En este trabajo de divulgación nos interesa describir algunas de las principales características dinámicas de este proceso, haciendo énfasis en la ocurrencia de fragmentación de la nube progenitora. Para esto, nos apoyaremos en simulaciones numéricas del proceso de formación de proto-estrellas que hemos realizado recientemente.

DR. GUILLERMO ARREAGA GARCÍA
Departamento de Investigación en Física
Universidad de Sonora.
DR. SILVIO ORESTE TOPA
Partido de Tornquist - Pcia. de Buenos Aires, Argentina

INTRODUCCIÓN

El proceso de formación estelar ocurre en nubes de hidrógeno molecular que se localizan frecuentemente en los brazos de las galaxias espirales. En la Figura 1 se muestra una fotografía de la nebulosa NGC 1333, una nube progenitora típica de estrellas ubicada en la constelación de Perseus a 1000 años luz de distancia, una de las regiones más próximas de formación estelar. Otro ejemplo muy conocido es la nebulosa M42, o nebulosa de Orión. A unos 1270 años luz de la Tierra, es una de las nebulosas más brillantes del cielo nocturno, observable fácilmente a simple vista al sur del cinturón de Orión en la constelación del mismo nombre. Los astrónomos han concluido por observaciones que las estrellas recién nacidas están agrupadas muy frecuentemente en pares y en menor proporción en grupos de más de dos miembros de estrellas. En el seno de estas nubes gigantes puede haber entonces miles de estrellas jóvenes apareadas en pequeños grupos binarios.

Ahora bien, podemos considerar que el proceso de formación estelar viene ocurriendo desde que el Universo era muy joven y actualmente sigue teniendo lugar en diferentes partes del Cosmos, dando origen a millones de estrellas jóvenes. Sin embargo, existen ciertas características comunes en estos conjuntos de estrellas jóvenes, por ejemplo: el número de estrellas recién nacidas con una cierta masa parece que siempre es muy similar independientemente de la nube progenitora en la cual se realice el conteo. Esta similitud en la distribución de estrellas jóvenes podría ser una consecuencia de que el proceso de formación de estrellas es similar en todas las nubes que se encuentren en condiciones físicas similares en los brazos de cualquier galaxia. En otras palabras, deben existir principios físicos generales que rigen el complejo proceso de evolución que va desde la formación de la nube progenitora hasta el nacimiento de estrellas.

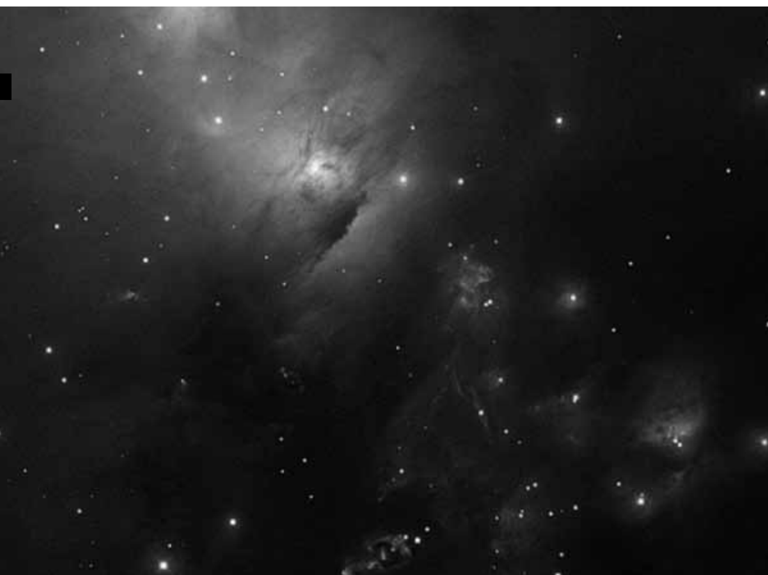


Figura 1. Nube Molecular en NGC1333 mostrando varias generaciones de estrellas.

Si tenemos en cuenta las escalas de tiempo involucradas en el proceso de evolución estelar – millones a miles de millones de años – la pregunta que naturalmente surge es ¿cómo podemos comprender el mismo si nuestra existencia es tan efímera en comparación?. Haciendo uso de una analogía, podemos imaginar a un científico que sólo tiene un mes para estudiar una abundante población de leones en el África. Es comprensible que en ese período de tiempo le sea imposible poder observar la evolución de un individuo en particular desde se gestación hasta su muerte por vejez. La solución al problema viene del hecho de que debido a que la población es abundante, tendrá ejemplos de los distintos estadios de estos animales (leonas preñadas, cachorros, animales adultos y en el final de su vida). De ello se desprende que el científico pueda extrapolar sus datos y reconstruir la vida de esta población de animales sin la necesidad de observar la historia de un solo animal. Un astrónomo al observar el firmamento se encuentra en la misma situación, pudiendo recrear la evolución de los distintos tipos de estrellas y elaborar hipótesis sobre cómo las leyes físicas operan sobre la misma. De allí la importancia de las simulaciones numéricas, ya que nos permiten comparar y validar o refutar estas hipótesis en base a los resultados de las mismas y los datos recopilados observacionalmente.

El trabajo de investigación que hemos desarrollado en años recientes nos ha permitido entender con mayor detalle el proceso de formación de sistemas binarios de proto-estrellas. Sin embargo, este es un fenómeno físico complejo, tal que un estudio abordado de manera tradicional implicaría la imposibilidad de visualizar los detalles del proceso. Es aquí en donde la potencia de la informática y las simulaciones numéricas se vuelven una herramienta muy útil, por no decir indispensable, a la hora de estudiar el proceso de formación en detalle. En las secciones siguientes intentaremos mostrar al lector algunos de los aspectos físicos más importantes del colapso gravitacional de nubes progenitoras. Nos interesa destacar la inter-relación de fuerzas como una manera de ilustrar la aplicación de las leyes de la física clásica y la ocurrencia de la fragmentación de nubes como el mecanismo principal para dar origen a grupos binarios de proto-estrellas.

LA ETAPA INICIAL DEL COLAPSO GRAVITACIONAL

Como se puede ver en la Figura 1, hay mucha actividad en las nubes progenitoras de origen tanto interna como externa. Por ejemplo, las nubes se calientan porque reciben radiación cósmica (proveniente de regiones distantes del Universo); fuertes vientos estelares (provenientes posiblemente de explosiones de estrellas supernovas localizadas en la misma nube). También es común que ocurran colisiones entre nubes como consecuencia de fuerzas de marea provocadas por la presencia de galaxias vecinas o incluso por colisiones directas entre galaxias enteras, provocando la redistribución del gas en la nube.

Debido a tales eventos, en algunas regiones de la nube el gas se acumula en torno a pequeñas perturbaciones de masa que alcanzan de manera fortuita una densidad mayor que su medio ambiente circundante. La fuerza de gravedad intenta siempre ensamblar más materia sobre estas primeras acumulaciones fortuitas de gas debido a su naturaleza de atracción entre toda la materia inter-actuante. Sin embargo, la presión del gas se opone permanentemente a ser comprimido por la fuerza de gravedad. Ahora bien, se ha observado que las nubes progenitoras son en general frías: una temperatura típica sería de 10 grados kelvin, es decir, unos 263 grados Celsius bajo cero. Mientras que su masa puede llegar a ser tan grande como cientos de veces la masa de nuestro Sol. Así pues, no es sorprendente que la fuerza de gravedad tenga muchas posibilidades de ganarle a la fuerza de presión en esta primera etapa de confrontación entre fuerzas de tal forma que en varias regiones separadas de la nube se inicia el proceso de acumulación de gas, ver Figura 2.

La acumulación inicial de gas ocurre de tal manera que una nube grande se ve conformada por varias subregiones de gas más o menos bien definidas, de menor tamaño pero de mayor densidad promedio que la nube mayor. Cada una de estas sub-nubes continúa tranquilamente con el proceso de acumulación de gas por gravedad durante miles de años; aunque existe la posibilidad que eventos ajenos perturben el proceso de acumulación. A esta clase de sub-nube se le llama nube pre-estelar porque ya es una fuerte candidata a iniciar el proceso de colapso gravitacional.

El nacimiento de una nueva estrella tiene lugar cuando el colapso gravitacional de la nube pre-estelar es tan intenso que la temperatura supera el valor crítico necesario para que tengan lugar los procesos de fusión nuclear propios de una estrella. No obstante, antes de llegar a esta etapa final del proceso de formación estelar, en el transcurso del colapso de la nube pre-estelar, ocurren interesantes fenómenos mecánico-clásicos, que se pueden vislumbrar al aplicar las leyes de la física a un modelo de nube pre-estelar simplificado, como hacemos a continuación.

LOS MODELOS DE NUBE

Las observaciones de los astrónomos indican que las nubes pre-estelares tienen núcleos más o menos bien definidos que se encuentran rodeados por un halo envolvente de gas. El núcleo de la nube contiene el gas más denso; mientras que el que se encuentra en las regiones intermedias y más alejadas del centro de la nube son cada vez menos densas. A estas nubes se les conoce como centralmente condensadas. Aunque este no es el único caso observado en las nubes, porque se infiere también la existencia de nubes pre-estelares en las que el gas se distribuye de manera uniforme, de tal forma que en cualquier región de la nube el gas tiene casi la misma densidad. Este tipo de nubes son denominadas radialmente uniformes. En ambos casos la densidad media de la nube pre-estelar es mayor que en el resto de la nube progenitora, razón por la cual el colapso gravitacional se inicia [1].

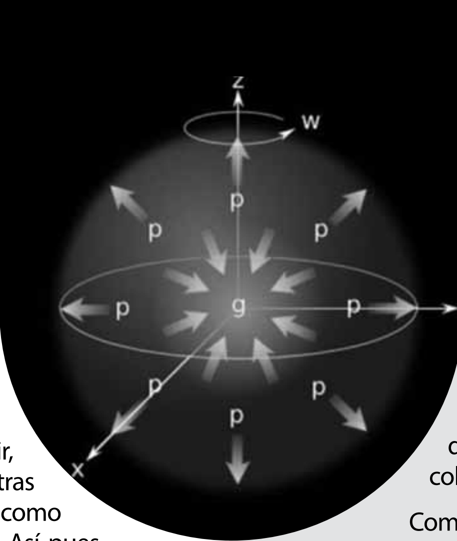


Figura 2. Las fuerzas principales que actúan en un modelo de nube.

Como en todo fenómeno físico, las condiciones iniciales determinan fuertemente el resultado de la evolución dinámica del sistema de interés. Así pues, aunque la primera parte del colapso de la nube se lleva a cabo de igual manera en cualquier modelo de nube pre-estelar, podemos esperar que el resultado final del mismo sea diferente dependiendo de si la nube pre-estelar es radialmente uniforme o centralmente condensada.

Consideremos una nube pre-estelar de gas con forma esférica que rota en torno a un eje, con una velocidad angular constante, tal como se ilustra en las figuras 2 y 3. Como habíamos indicado, la fuerza de gravedad jala toda la materia hacia el centro de la nube mientras la fuerza de presión empuja el gas hacia afuera. La rotación de la nube provoca la aparición de una fuerza centrípeta dirigida hacia el centro en cualquier plano de latitud (todo plano en la esfera paralelo al plano ecuatorial). De esta forma, todo elemento de gas sentirá una aceleración total hacia el interior de la nube, que está formada por dos contribuciones: una parte debida a la aceleración centrípeta dirigida hacia el centro del plano y otra parte debida a la aceleración gravitacional dirigida hacia el centro de la nube. Estas aceleraciones tienen direcciones co-lineales sólo en el plano ecuatorial mientras que en los polos son perpendiculares. Por esta razón, la aceleración total es mayor en el círculo ecuatorial que en los regiones cercanas a los círculos polares.

Recordemos que el momento angular es una medida de la cantidad de rotación de un cuerpo; además es una cantidad que se conserva durante toda la evolución de la nube ya que no hay torcas externas actuando sobre la nube. Así, como consecuencia de la rotación y por conservación de momento angular, la nube empieza a aplanarse de los polos hacia el ecuador,

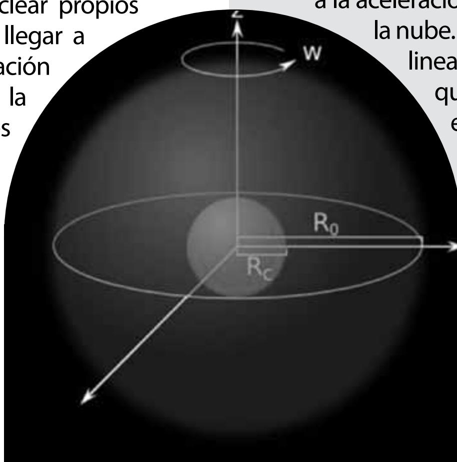


Figura 3. El núcleo y el gas envolvente en un modelo de nube centralmente condensada.

los ejes de cada panel están normalizadas con el radio inicial de la nube y la escala de densidad está normalizada con la densidad inicial de la nube. Se debe notar entonces, por las escalas en los ejes X (horizontal) e Y (el vertical), que en la figura 5 vemos el gas más denso que está contenido hasta el 10% del radio inicial de la nube, mientras que en la figura 6 vemos que el gas más denso se concentra en la región del disco de acreción cuya extensión es de aproximadamente el 4 % del radio inicial.

El mosaico de la figura 5 corresponde a un modelo de nube pre-estelar con densidad uniforme mientras que el mosaico de la figura 6 muestra los resultados del colapso para una nube centralmente condensada. La primera y más importante diferencia entre estos mosaicos es que en la figura 5 la nube colapsa formando una sola concentración de materia en el centro de la nube, mientras que en la figura 6 se ve que la nube se fragmentó, de tal forma que aparecen varias concentraciones de materia resultantes que se encuentran orbitando unas con respecto a las otras. En ambos modelos se ve la formación de brazos espirales alrededor de las concentraciones de materia que aparecen también como una consecuencia de la rotación inicial de la nube pre-estelar. ¿Cómo se explica esta diferencia en los resultados?

Hemos implementado delibe-radamente una perturbación de masa simétrica con respecto al origen de las coordenadas del plano ecuatorial de la nube, con el propósito de favorecer la formación de sistemas binarios como resultado. De ahí que los primeros cúmulos de gas que logran formarse son antípodas el uno del otro, de tal manera que una línea imaginaria que los une pasará a través del origen de coordenadas de la nube esférica original.

Cada uno de los cúmulos de gas recién formados por el fuerte colapso gravitacional de la nube pre-estelar (mostrados en amarillo en las figuras 5 y 6) ejercen por lo tanto un par gravitacional de atracción el uno sobre el otro. Entonces la velocidad de los elementos de gas empieza a alinearse con el eje imaginario de simetría que une los cúmulos, con el efecto neto que este gas del cúmulo pierde momento angular. Entonces sabemos que el gas que se acumula sobre el disco

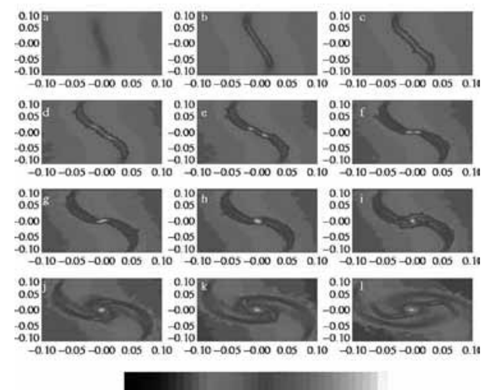


Figura 5. Mosaico de una simulación con una sola proto-estrella central como resultado.

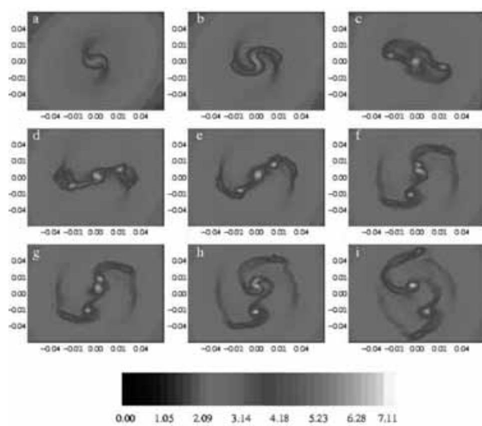


Figura 6. Mosaico de una simulación con varias proto-estrellas como resultado de la ocurrencia de fragmentación.

de acreción tiene poco momento angular; mientras que el gas que se acumula en los brazos espirales tiene mayor momento angular. Así es como los cúmulos principales de la simulación pierden su momento angular, de tal forma que la fuerza de gravedad que se ejercen entre ellos, las hace acercarse cada vez más hasta que finalmente se fusionan, como se puede ver en los primeros paneles de la figura 5.

Ahora bien, la causa por la que no se produce fusión de cúmulos en la simulación de la figura 6, es tal vez la existencia de pequeñas variaciones en las posiciones y velocidades de las partículas que forman el gas, que tienen su origen en la aleatoriedad de la distribución de partículas que representan a la nube pre-estelar inicial.

¿Qué determina que ocurra o no fragmentación de la nube pre-estelar durante su colapso?

LA FRAGMENTACIÓN.

Para que una teoría de formación estelar tenga posibilidad de ser exitosa, debe explicar las observaciones astronómicas que muestran la presencia de miles de grupos binarios y múltiples de estrellas formadas en el seno de una sola nube progenitora. Se necesita de algún mecanismo físico que provoque la ocurrencia de la fragmentación de la nube pre-estelar, algo como se ilustra esquemáticamente en la figura 7.

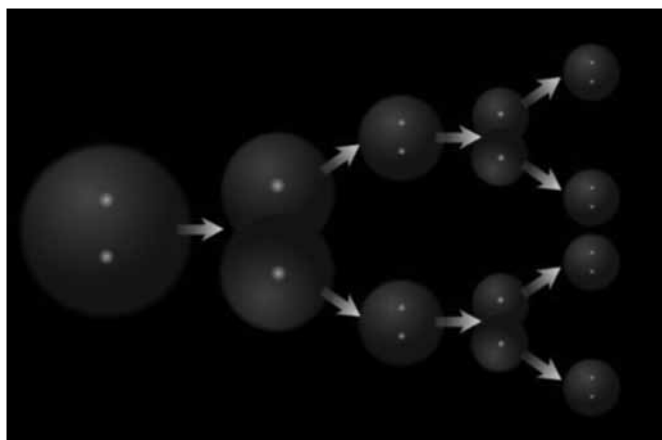


Figura 7. Diagrama esquemático que representa el proceso de fragmentación teórico requerido por las observaciones astronómicas.

Fue Fred Hoyle, astrofísico inglés autor de la Teoría del Estado Estacionario, el primer científico que propuso una explicación para la fragmentación durante el colapso gravitacional de la nube [2] . Hoyle argumenta que en la medida en que la nube colapsa, los grumos de materia (necesarios para iniciar nuevas aglomeraciones de materia que pueden vencer la presión térmica y promuevan a su vez nuevamente el colapso gravitacional) pueden ser cada vez menores en la medida en que la temperatura de la nube no aumente por efecto del propio colapso. Sin embargo, sabemos que en la medida en que la nube colapsa, su tamaño se reduce; y que por esta reducción del radio, la energía gravitacional se convierte en calor.

¿Cómo se puede mantener la nube con una temperatura aproximadamente constante durante el colapso? Cuando el colapso no es todavía muy intenso, el gas se puede liberar de este exceso de energía cinética mediante emisión de radiación de las moléculas excitadas de hidrógeno. La radiación emitida debe ser capaz de difundirse hasta la superficie exterior de la nube y escapar finalmente para que este mecanismo de enfriamiento sea efectivo y permita la continuación del colapso isotérmico, el cual podría tener como consecuencia la tan deseada fragmentación. No obstante, en la medida en la que la densidad de la nube aumenta por efecto del colapso, la difusión de la radiación a través del medio molecular se hace cada vez más difícil. Entonces, como era de esperarse, el aumento de la opacidad de la nube hace que la temperatura del gas empiece a aumentar. En otras palabras, el aumento de temperatura hace que el gas aumente su resistencia al colapso dotándolo de mayor presión térmica. Llega un momento en que incluso el colapso se hace más lento (o se detiene por completo) y la fragmentación es mucho menos probable que ocurra, ya que no habrá varias regiones separadas en la nube en las que puedan crecer perturbaciones de masa simultáneamente.

En el trascurso de nuestras investigaciones, hemos observado que no sólo son los efectos termodinámicos de la nube los que determinan la ocurrencia de fragmentación. También hay elementos de origen puramente dinámicos que tienen influencia sobre la fragmentación.

De hecho, en las referencias 4, 5 y 6 hemos reportado varias maneras en que la fragmentación de las nubes pre-estelares puede ocurrir. Una manera es que la barra central se fragmente; otra sería que los brazos espirales se rompan y se separen del cúmulo central debido a que sus velocidades de rotación son diferentes; también pueden ocurrir ambas posibilidades en un mismo modelo, como se ilustra en la Figura 8. En esta figura se muestra que se produce la fragmentación de la barra central dando lugar a la formación de dos cúmulos proto-estelares interiores. Cabe señalar que los dos fragmentos exteriores resultantes del rompimiento de los brazos espirales están ya presentes en el momento en que la fragmentación de la barra central se produce. En este momento, el resultado de la

Figura 8. Acercamiento a la región central de un modelo con múltiple fragmentación.

simulación son cuatro fragmentos proto-estelares. Poco después, la ocurrencia de fusión entre dos fragmentos hace que sólo quedan dos fragmentos que entran finalmente en órbita uno con respecto al otro hasta alcanzar el equilibrio hidrodinámico, como se ilustra en la Figura 9.

En el artículo de investigación de la referencia 3, encontramos que a medida que la región envolvente del núcleo de la nube aumenta en extensión (esto es, la razón R^0/R^c aumenta), la posibilidad de un modelo para producir fragmentos proto-estelares disminuye. Para explicar por qué ocurre esto, conviene enfatizar que todas las nubes con diferentes razones R^0 / Rc fueron dotadas inicialmente de la misma energía rotacional. Pero en el caso de las nubes centralmente condensadas, esta energía rotacional debe compartirse entre el núcleo y el gas envolvente. Entonces, mientras más grande sea el tamaño de la capa envolvente mayor energía debe tomar de la nube para mantenerse rotando con la misma velocidad angular que el núcleo; mientras que al núcleo le queda menos energía rotacional disponible para presentar oposición al colapso gravitacional; entonces, mientras mayor es el envolvente se induce un colapso más fuerte en la región central que provoca la destrucción de cualquier estructura que se haya formado durante las fases iniciales del colapso. Así, dotar al núcleo de suficiente energía de rotación es crucial para que ocurra la fragmentación.

CONCLUSIONES.

En el curso del colapso, la densidad de la nube pre-estelar aumenta en un rango que va desde 10^{-18} gr/cm^3 hasta 10^{-8} gr/cm3, en la cual ya podemos identificar a los cúmulos de gas más densas de la simulación como proto-estrellas. Se sabe que muchas de las características dinámicas de una proto-estrella serán heredadas por la estrella real que se formaría de seguir el proceso de colapso, hasta densidades del orden de 10^{-1} gr/cm^3.

Nosotros hemos logrado seguir la evolución del colapso hasta estas densidades intermedias. En este artículo de divulgación hemos presentado brevemente algunos aspectos importantes del colapso de nubes pre-estelares. Una de nuestras conclusiones es que el resultado final del colapso de nubes, y en particular la ocurrencia de la fragmentación, depende fuertemente de aspectos físicos tanto termodinámicos como dinámicos.

Finalmente, deseamos compartir con el lector nuestra convicción de que el paradigma tradicional de la investigación en física (teoría y experimento) se ha visto enriquecido con el desarrollo de la computación. Hoy día los investigadores estamos en posición de usar la enorme capacidad de cálculo de los computadores actuales para simular procesos físicos muy complejos como el de formación estelar. Pensemos que los resultados de una simulación que se conllevan con las observaciones astronómicas, es un claro indicativo de que el modelo elegido se encuentra en el buen camino, pero aun cuando éstos se desvían claramente de los datos observacionales siguen siendo útiles poniendo en evidencia que el modelo es erróneo o por lo menos incompleto, pudiendo haber variables importantes que aún no han sido tenidas en cuenta.

AGRADECIMIENTOS.

El autor Guillermo Arreaga García, reconoce profundamente al director de la DCEN, M. en C. Miguel Ángel Moreno Núñez por su apoyo y por la adquisición del programa PV-WAVE, con el cual se han realizado las figs. 5, 6, 8 y 9 de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA.

1.- E. A. Bergin y M. Tafalla, "The dark clouds: the initial conditions for star formation," Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 45, (2007), pags. 339-396

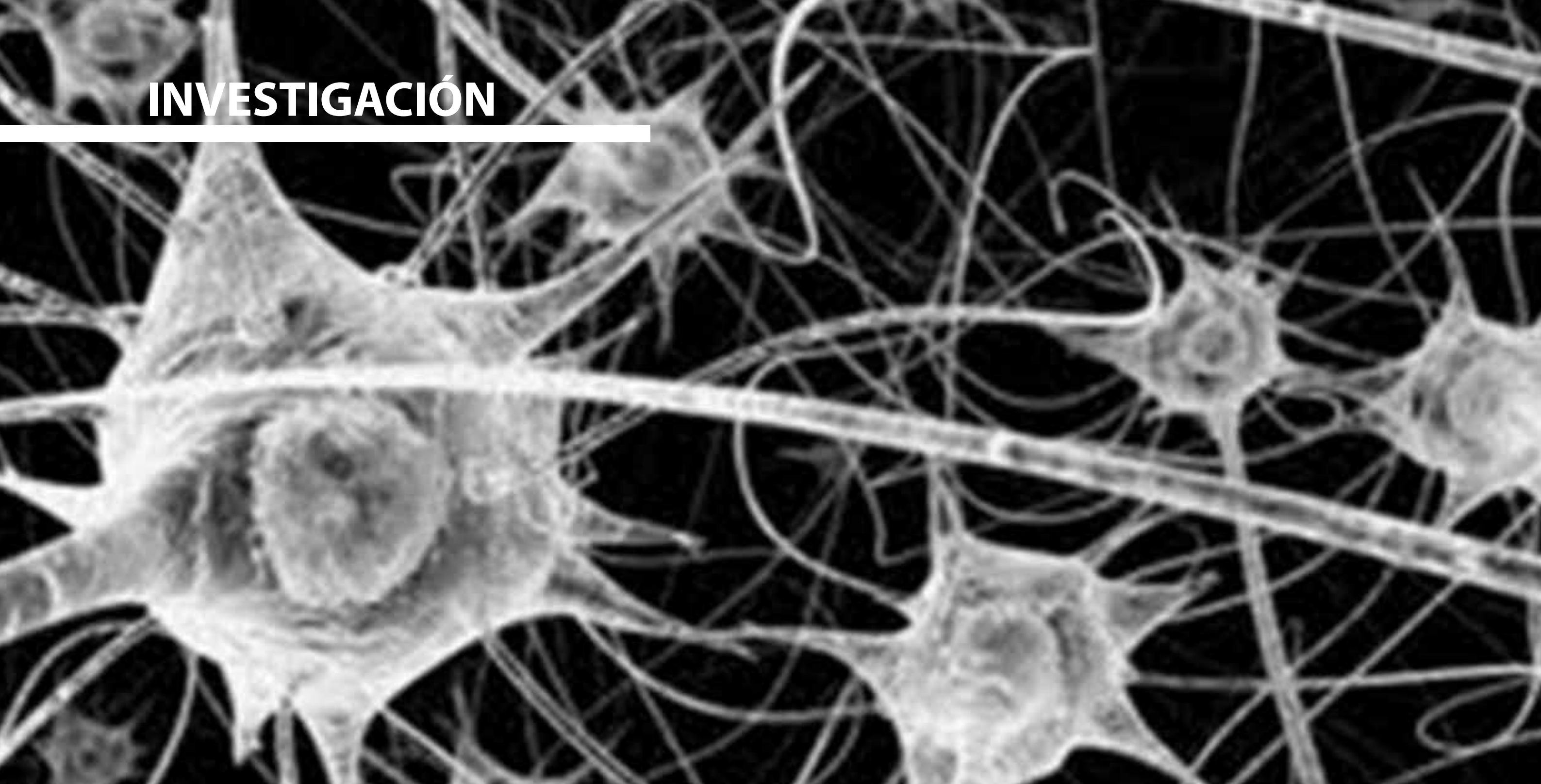
2.- F. Hoyle, "On the fragmentation of gas clouds into galaxies and stars", The Astrophysical Journal, 118, (1953).

3.- G. Arreaga y J. Klapp, "The gravitational collapse of Plummer clouds", Astronomy and Astrophysics, Vol. 509, (2010), pag. A96.

4.- G. Arreaga y J. Klapp, "Gravitational Collapse and Fragmentation of Molecular Cloud Cores with GadGet2", The Astrophysical Journal, 666, (2007), pag. 290-308.

5.- G. Arreaga y J. Saucedo, "Hydrodynamical Simulations of the Non-Ideal Gravitational Collapse of a Molecular Gas Cloud", Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica, Vol. 44, Num. 2, (2008),

Figura 9. Acercamiento a la región central de un modelo con múltiple fragmentación.



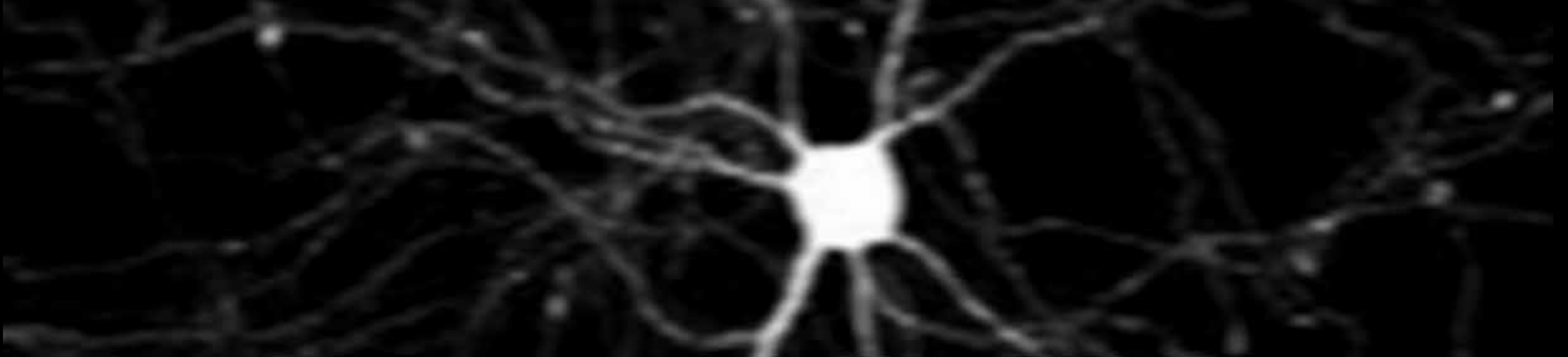
IDENTIFICACIÓN DE IMÁGENES Y VOCES MEDIANTE REDES DE HOPFIELD

UNA APLICACIÓN DE LAS REDES NEURONALES RECURRENTES

ARNULFO CASTELLANOS MORENO, FABIOLA SUSETH LÓPEZ AGUIRRE

En la Universidad de Sonora podría desarrollarse un sistema de reconocimiento de voces utilizando una red neuronal como la que será explicada al final de este artículo. Lo que se requiere es el sistema electrónico para reconocer las frecuencias más importantes de cada voz, medir la intensidad del armónico correspondiente y guardarla en un arreglo numérico del tipo de los vectores que se aprenden en álgebra lineal. A falta de un dispositivo similar, ejemplificamos aquí con el reconocimiento de letras, sin embargo, el procedimiento sería fundamentalmente el mismo.

DR. ARNULFO CASTELLANOS MORENO
Correo: acastell@correo.fisica.uson.mx
M. EN C. FABIOLA SUSETH LÓPEZ AGUIRRE
Correo: fabiolasuseth@gmail.com
Departamento de Física de la Universidad de Sonora



¿QUÉ SON LAS REDES NEURONALES RECURRENTES?

Las redes neuronales recurrentes son sistemas ideados como abstracciones de las estructuras neurobiológicas (cerebros) encontradas en la naturaleza y tienen la característica de ser sistemas desordenados capaces de guardar información. La forma en que desarrollan su trabajo es esencialmente distinta de la utilizada por las computadoras convencionales. Los procesadores microscópicos del cerebro (neuronas) operan en paralelo y presentan cualitativamente más ruido que los elementos que forman las computadoras. No ejecutan un programa fijo con base en un conjunto previamente especificado de datos, sino que comunican señales a través de retransmisores que llamamos sinapsis, que llegan a centros de conjunción llamados cuerpos de las neuronas y desde los cuales surgen señales eléctricas a través de canales conocidos con el nombre de axones.

La importancia de cada sinapsis en el proceso de retransmisión se actualiza continuamente y lo mismo ocurre con algunas propiedades intrínsecas de las neuronas, proporcionando un sistema de autoprogramación y adaptación que sustituye a la programación externa de los sistemas de cómputo comunes. Existe así una dinámica de las sinapsis y de las neuronas en el cual los programas y los datos cambian todo el tiempo.

Los cerebros no tienen una arquitectura o mapa de conexiones específico, por ejemplo, presentan estructuras relativamente ordenadas en centros receptores de información, pero en las regiones procesadoras de alto nivel como el neocórtex, son estructuras amorfas, prácticamente aleatorias.

Operando en paralelo, los cerebros dedican grandes cantidades de neuronas a una actividad determinada, lo cual da por resultado muchas actividades posibles, diferentes y complejas. Pueden adaptarse a circunstancias cambiantes, reconocer objetos deformados, borrosos, o parcialmente visibles. En síntesis, las redes neuronales son esencialmente diferentes de los sistemas de cómputo de la vida cotidiana.

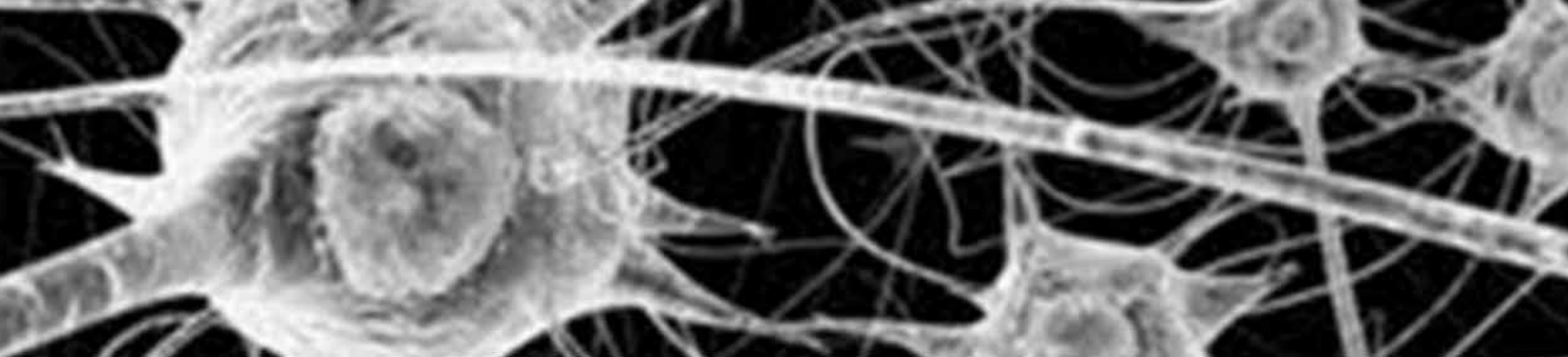
Los distintos modelos de redes neuronales han planteado importantes e interesantes retos a los físicos teóricos, pues exhiben conductas muy ricas y nada triviales. Se trata de sistemas sumamente complejos de analizar por el gran número de elementos interactuantes, por el carácter no lineal de los elementos individuales que operan entre ellos, porque las interacciones no necesariamente son idénticas ni simétricas y porque la magnitud de las interacciones, así como los umbrales internos de cada neurona, pueden cambiar en el tiempo.

En los intentos por sistematizar la comprensión del cerebro pueden distinguirse dos caminos: i) el primero es el seguido por los neurofisiólogos, quienes generalmente confrontan una abundancia de datos tan vasta que dificulta el examen sistemático dentro de un marco de trabajo experimental. En este enfoque, los datos están perturbados por una cantidad muy grande de influencias que no pueden ser eliminadas fácilmente. ii) El segundo es el que han abierto los constructores de modelos sobre la base de un conjunto también grande de suposiciones acerca del sistema que se busca explicar, con la esperanza de que el enfoque ayude al surgimiento de nuevas hipótesis, susceptibles de ser verificadas con la diversidad de datos disponibles.

Dentro del segundo de los caminos hay dos opciones para los creadores de modelos: 1º) la que consiste en tratar de modelar al sistema real tanto como sea posible, pero con el dilema de que se plantean tantos parámetros que en realidad no se alcanza un conocimiento profundo; 2º) la opción de descartar, a priori, todos aquellos parámetros que a primera vista parecen no ser esenciales, a fin de simplificar el análisis matemático.

Los primeros buscan tanta fidelidad al sistema real que terminan siendo una copia de mala calidad en la que la comprensión del fenómeno se desvanece. Los segundos no constituyen representaciones realistas del cerebro, sino que su inspiración neuronal puede contribuir a comprender algunas de las propiedades que los caracterizan en el procesamiento de información. Entre otras, de aquí surgen las redes neuronales recurrentes.

Tomando como opción a la segunda de las mencionadas arriba, se ha definido lo que se llama una neurona formal [1], y sobre la base de ésta, a la red neuronal en su forma más general. El primer paso consiste en definir como sigue los estados de una neurona: a) el estado de lanzar una señal, y b) el estado de inactividad. Al primero se le asigna el número +1 y al segundo el -1. El segundo paso es establecer la conexión entre las neuronas mediante una matriz $\{J_i j\}$ en la que se especifica cuánto vale la conexión de la i-ésima con la j-ésima neurona. El tercer paso es



establecer una relación funcional en la que la j-ésima neurona recibe la información de todas las demás y en la que dependiendo de su umbral, produce, o no produce, una señal de intensidad F_i. En términos matemáticos la forma es

$$F_i\left(\sum_{j=1}^{k} J_{ij} s_i s_k\right)$$

Para que la red neuronal pueda operar, es conveniente que las funciones Fi sean estrictamente crecientes y acotadas, del género de las llamadas funciones sigmoides, como es el caso de la tangente hiperbólica y de la función signo que se presentará más adelante. Aquí es donde se introduce la no linealidad mencionada anteriormente y también el umbral de cada neurona, que es el límite de recepciones que puede soportar antes de mandar una señal.

Dependiendo del tipo de red, los pesos son variables que serán modificadas durante su evolución, o por el contrario, serán magnitudes fijas, como en el modelo de Hopfield que se discute en la siguiente sección.

Las neuronas tienen entradas y salidas, tal que estas últimas son calculadas con base en las primeras. Así surge el concepto de regla de aprendizaje, que consiste en la sistematización de la asociación entre una pregunta y una respuesta. En general, la pregunta r es un vector de mayor dimensión que la respuesta R. Un ejemplo típico es el reconocimiento de voces o sonidos, en los cuáles el vector de entrada r es un espectro de frecuencias, que debe ser transformado en una lista de palabras R.

UN EJEMPLO DE RED RECURRENTE ES LA DE HOPFIELD.

Un ejemplo simple de cómo se hace esto es la siguiente red de Hopfield simplificada [2]:

Consideremos una red de n neuronas cuyo estado está dado por un vector $r=(x_1\ x_2,,\ldots,\ x_n)$, que nos indica si la i-ésima neurona está enviando señal con un +1, o con un -1 si está apagada. La operación de la red la podemos imaginar como si fueran las luces de un árbol navideño en los que cada foquito se prende y se apaga. Si en determinado momento tomamos una fotografía con una cámara de alta resolución y alta velocidad, lo que habremos logrado es captar uno de esos vectores r. Además se necesita el peso de la conexión w_{ij} de la neurona i con la neurona j. También se necesitan las memorias a guardar, que podrían ser, por ejemplo, el catálogo de las frecuencias de las voces con las cuales será comparada la voz que se desea identificar. Este catálogo es un conjunto de p memorias que denotaremos como: {Øµ}

Los pesos de la conexión estarán dados por la siguiente matriz

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{n}\sum_{\mu=1}^{p} \phi_i^{\mu}\phi_j^{\mu} \text{ si } i \neq j \\ 0 \text{ si } i = j \end{cases}$$

que puede ser organizada en un arreglo rectangular en la forma siguiente:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} & \ldots & w_{1n} \\ w_{21} & 0 & w_{23} & \ldots & w_{2n} \\ w_{31} & w_{32} & 0 & \ldots & w_{3n} \\ . & . & . & \ldots & . \\ . & . & . & \ldots & . \\ . & . & . & \ldots & . \\ w_{n1} & w_{n2} & w_{n3} & \ldots & 0 \end{pmatrix}$$

La capacidad de las neuronas para soportar la recepción de señales, sin transmitir ellas, se introduce mediante los umbrales de las neuronas organizados en el vector que sigue: $\Theta = (\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_n)$

La decisión de emitir, o no emitir, se especifica con la regla de actualización del vector de estados de la red neuronal. Esta es

r(K+I)= sign [wirck) -0]

Para saber cuándo el estado alcanzado por la red puede ser considerado como satisfactorio, se especifica un régimen de tolerancia tal que, una vez cumplida la siguiente desigualdad

$$|x_i(k+1) - x_i(k)| < \varepsilon$$

la red deja de operar.
Enseguida se imprime el estado final: r_{final}
ya está muy cerca de ser reconocida.

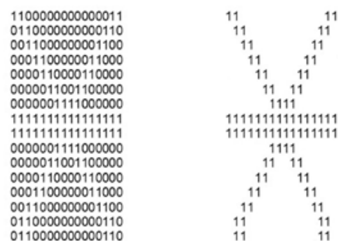


Figura 1: una letra formada sirve como punto de partida

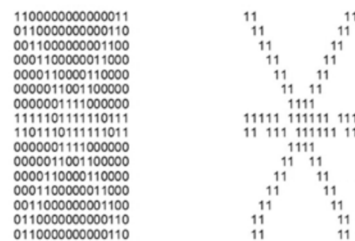


Figura 2: uno de los estados de la red cuando avanza hacia el reconocimiento.

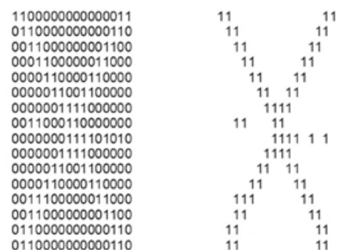


Figura 3: un estado de la red cercano al final, en que la letra

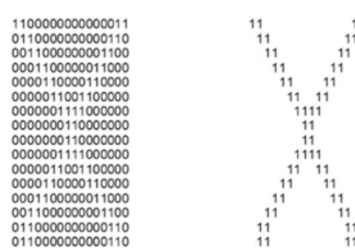


Figura 4: Resultado final cuando la letra es identificada.

UN EJEMPLO MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE LETRAS.

Los patrones, o memorias {Øμ} que se guardan en la red neuronal pueden ser tomados de la información codificada de un conjunto de imágenes, o de frecuencias de voces, etcétera. Aquí desarrollaremos un ejemplo de reconocimiento de letras.

Se escoge una letra del alfabeto y se dibuja sobre una cuadrícula. Enseguida se localizan los cuadros que tienen negro debido a la letra para codificarlos mediante 1-s, a su vez, los cuadros que tienen blanco se les asignan 0-s. Este es uno de los patrones o memorias a almacenar. Enseguida se toman más letras del alfabeto y se hace lo mismo hasta completar los p patrones. Los estados s de las neuronas se modifican mediante la regla algebraica 2s-1 para tener +1-s y -1-s.

El estado inicial se toma especificando cualquier letra deformada para que se vea borrosa, o parecida a otra, por ejemplo la E y la L, o bien la O y la U.

Se opera la red con el algoritmo arriba mencionado y se obtienen resultados similares a los del siguiente ejemplo:

Partimos de una letra X deformada como se indica en la figura siguiente. A la izquierda tenemos la matriz de 1-s y 0-s que sirven para alimentar a la red neuronal, además de otras letras que se cargan en su memoria. A la derecha se observa la letra deformada.

CONCLUSIONES

La red de Hopfield que hemos descrito es un sistema sencillo que se inspira en las estructuras de las redes de neuronas biológicas y tiene aplicaciones prácticas en el reconocimiento de imágenes, voces y señales cuya estructura es conocida. Puede tener aplicaciones en criminología, en medicina para ubicar enfermedades potenciales a partir de cuadros de diagnóstico, etcétera.

REFERENCIAS

[1] Consultar la universalidad de la neurona de McCullochs-Pitts en: A.C.C. Coolen, Neural Networks, Lectures Notes of Course CM451Z, October 1998. En línea en: http://www.mth.kcl.ac.uk/~tcoolen/allnotes/course_neuralnetworks.pdf.

[2] Consultar la ecuación (3.18) de la referencia [1] para una discusión más general, así como la sección 3.2, donde trata las redes recurrentes estocásticas.



LIMPIEZA DE SUELOS CONTAMINADOS APLICANDO CAMPOS ELÉCTRICOS:

UNA METODOLOGÍA PARA SU ESTUDIO Y EVALUACIÓN

VIRGILIO RUBIO NIEBLAS, MANUEL PÉREZ TELLO, RICHARD A. JACOBS,
JOSÉ ALFREDO ESPINOZA MELÉNDREZ, MARÍA ELENA OCHOA LANDÍN

La contaminación de suelos es un problema recurrente en muchas regiones del mundo. Cuando los residuos orgánicos ó inorgánicos, producidos por ciertas actividades humanas, son derramados en el suelo y afectan la calidad de vida de los seres vivos, se consideran contaminantes según la normatividad de protección ambiental de nuestro país. En este trabajo se describe una metodología teórico experimental para entender los fenómenos que ocurren durante el proceso de eliminación de contaminantes en suelos aplicando campos eléctricos, a fin de optimizar el rendimiento de dicho proceso. Esta tecnología de punta actualmente es estudiada en algunos países desarrollados.

M. C. VIRGILIO RUBIO NIEBLAS
Departamento de Ing. Química y Metalurgia
Correo; virgil@iq.uson.mx
DR. MANUEL PÉREZ TELLO
Departamento de Ing. Química y Metalurgia
Correo: mperezt@iq.uson.mx
DR. RICHARD A. JACOBS
Consultor independiente, Houston Tx., U. S. A.
Correo: rajacobsc@gmail.com
M. C. JOSÉ ALFREDO ESPINOZA MELÉNDREZ
Departamento de Ing. Civil y Minas
Corro: jaespinoza@dicym.uson.mx
Q. B. MARÍA ELENA OCHOA LANDÍN
Departamento de Ing. Química y Metalurgia
Correo: maochoa@iq.uson.mx

EL PROBLEMA GLOBAL DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS

Históricamente, los suelos de nuestro planeta han sido contaminados como resultado de diversas actividades humanas, tales como la agricultura (1) el tratamiento de la madera, la extracción y procesamiento de metales y los conflictos bélicos, entre otras (2). En general, los contaminantes de suelos se pueden clasificar en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. Dentro de los primeros se tienen los aceites y gasolinas provenientes de la industria del petróleo, los fertilizantes, fungicidas, plásticos, etc. Dentro de los segundos se clasifican una variedad de compuestos químicos que contienen metales y otros elementos, tales como el arsénico, cobre, plomo, cadmio, mercurio, etc. A estos últimos se les denomina comúnmente metales pesados. Recientemente, la contaminación por metales pesados en sitios de minas y fábricas abandonadas ha causado serios problemas al medio ambiente y a la salud humana. Como ejemplos se tiene la contaminación por fluorita en Corea (3) y por plomo en México (4).

Adicionalmente al daño ecológico que los suelos contaminados ocasionan al hábitat de un determinado lugar, la contaminación de los suelos cercanos a las ciudades representa pérdidas de oportunidades para la instalación de nuevos centros de trabajo, y por lo tanto para el desarrollo económico. Por lo tanto, el uso de estos sitios como receptores para confinar residuos peligrosos no es una opción. Limpiarlos para darles un mejor uso es una mejor alternativa la cual es congruente con la doble responsabilidad de cuidar el medio ambiente y propiciar el desarrollo social y económico de las poblaciones.

LIMPIEZA DE SUELOS POR MEDIO DE ELECTRICIDAD

Existen varios métodos para limpiar suelos contaminados. Este artículo se centra en el proceso de eliminación electrocinética, cuya tecnología novedosa es foco de atención actual en los países desarrollados, tales como Estados Unidos y Holanda (5). El principio de funcionamiento de este proceso se muestra en la Figura 1 y consiste en aplicar un campo eléctrico al suelo contaminado a través de una serie de electrodos para provocar que los compuestos metálicos disueltos en el agua del suelo se muevan por efecto del campo eléctrico hacia alguno de los electrodos, dependiendo de la carga eléctrica del compuesto metálico en cuestión. Así, los compuestos metálicos con carga positiva se desplazarán hacia el cátodo, y aquellos con carga negativa lo harán hacia el ánodo. Al cabo de un tiempo determinado, los contaminantes se concentrarán en áreas localizadas del suelo, de donde podrán ser extraídos para su disposición final (6, 7).

El proceso de eliminación electrocinética comprende fundamentalmente tres fenómenos de transporte que ocurren simultáneamente. El primero es causado por el campo eléctrico que hace que los iones metálicos (átomos o grupos de átomos con carga eléctrica) se muevan a través del líquido contenido en los poros del suelo hacia el electrodo con carga opuesta a la del ion. A este fenómeno se le denomina electromigración. El segundo fenómeno ocurre muy cerca de la superficie de los poros del suelo. La superficie de las partículas que forman el suelo típicamente posee carga eléctrica. El líquido cercano a la superficie adquiere una carga eléctrica de signo contrario a la carga de la superficie de los poros. De nueva cuenta, este líquido es afectado por el campo eléctrico y se mueve hacia alguno de los electrodos. Arrastrando consigo el resto del líquido contenido en los poros por efectos viscosos. El movimiento del líquido se lleva los contaminantes que se encuentran dentro de él. A este fenómeno se le llama electroósmosis. Un tercer fenómeno se presenta cuando en una región del suelo los contaminantes se encuentran con una concentración mayor a la de otra región del mismo suelo. En este caso, los contaminantes se mueven espontáneamente de la región de mayor concentración a la región de menor concentración. A este fenómeno se le conoce como difusión ordinaria y no requiere de la presencia de un campo eléctrico.

Simultáneamente a los fenómenos de electromigración, electroósmosis y difusión ordinaria descritos anteriormente, ocurren reacciones químicas entre los diferentes compuestos disueltos en el liquido del poro, entre estos y las partículas de suelo. Adicionalmente, en los electrodos negativos (cátodos) y positivos (ánodos) se presenta la descomposición electrolítica del agua. Ésta consiste en la desaparición de las moléculas de agua por acción de la corriente eléctrica para producir, respectivamente, hidrógeno y oxígeno los cuales se desprenden hacia la atmósfera en forma de gas. En los ánodos también se generan electrones, los cuales son impulsados a través de la fuente de poder hacia los cátodos.

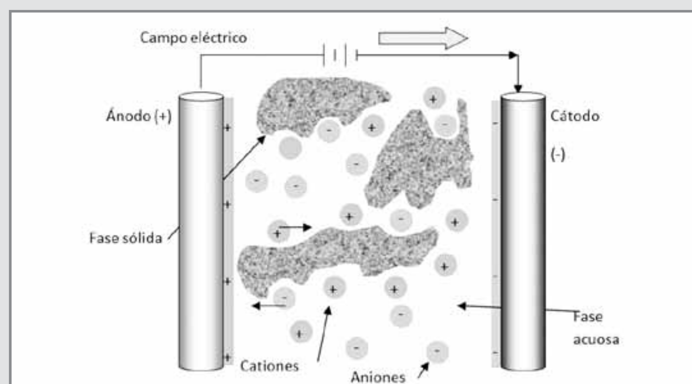


Figura 1. Principio de funcionamiento del proceso de eliminación electrocinética

La eliminación electrocinética es un proceso de bajo costo y eficiente (8) para descontaminar suelos con metales pesados. Sin embargo, antes de llevar a cabo su aplicación en gran escala es necesario realizar experimentos en el laboratorio con el fin estudiar sus características y optimizar su funcionamiento bajo condiciones controladas, en función del contaminante y tipo de suelo a tratar. Esta es una etapa decisiva en el desarrollo del proceso, ya que en cuestión de limpieza de suelos, como en muchos otros campos de la ingeniería, no existen panaceas, es decir fórmulas mágicas de uso universal.

La forma más común de estudiar este proceso es mediante el uso de prototipos llamados celdas experimentales a nivel laboratorio, como la mostrada en la Figura 2. La celda consiste de un tubo de acrílico o vidrio dentro del cual se coloca el suelo o medio poroso con el contaminante. El tubo se cierra por ambos extremos y en éstos se colocan los electrodos. Posteriormente se satura el suelo dentro del tubo con agua. Mediante experimentos controlados, el investigador aplica un voltaje conocido entre los extremos de la celda y conforme transcurre el tiempo se monitorea la concentración del contaminante y el pH del suelo a lo largo del tubo. A partir de esta información es posible determinar el grado de eficiencia del proceso.

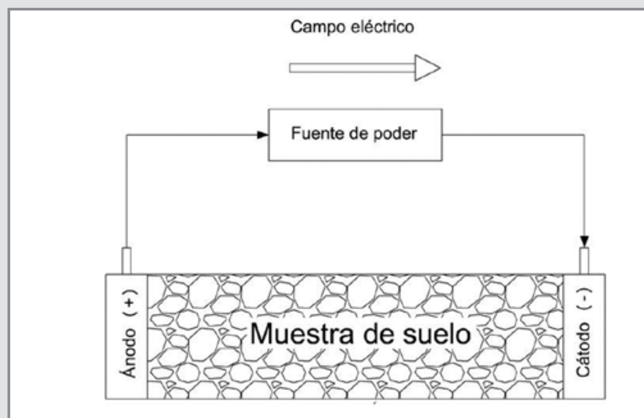


Figura 2. Esquema del sistema experimental del proceso de eliminación electrocinética en una dimensión.

A la fecha, la mayoría de los trabajos sobre eliminación electrocinética se han limitado a estudios en una sola dimensión, como el mostrado en la Figura 2. Esto implica una serie de desventajas. Por ejemplo, solamente se pueden cuantificar los fenómenos que ocurren entre dos electrodos; adicionalmente, el sistema no representa la geometría de un suelo real. Por lo tanto, realizar experimentos en dos dimensiones con más de dos electrodos representaría un avance, ya que el sistema se asemejaría en mayor grado a la realidad.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO Y EVALUACION

La Figura 3 representa la metodología desarrollada por lo autores, la cual consta de dos partes: una parte teórica que consiste de un modelo computacional para representar los fenómenos de electromigración, electroósmosis y difusión ordinaria descritos con anterioridad, y una parte experimental. El modelo matemático es una adaptación del código original desarrollado por Jacobs y Probstein en el Massachuchets Institute of Technology (6, 9). La parte experimental consiste de una celda a escala laboratorio en forma de triángulo equilátero con las esquinas redondeadas, la cual se muestra en la Figura 4. La forma triangular es con el fin de asegurar la geometría mínima para un estudio en dos dimensiones; es decir, en forma de un plano horizontal. Acorde a las condiciones del Estado de Sonora, como ejemplo se considera la eliminación de cobre como contaminante principal. Para simular el suelo se usan partículas de sílica gel de tamaño uniforme (846 micras).

Sobre este sistema se inserta un conjunto de electrodos pasivos para registrar los valores de voltaje una vez que se aplica una diferencia de potencial entre el ánodo y los cátodos. Los electrodos pasivos se localizan en cada uno de los puntos de muestreo mostrados en la Figura 4, en los cuales se mide el pH y se recolectan muestras de solución acuosa para determinar la concentración de cobre. Mediante un programa de cómputo desarrollado por los autores, los datos son capturados automáticamente y almacenados en una computadora. Posteriormente son procesados, visualizados gráficamente mediante un software especializado (10) para su posterior interpretación. Paralelamente se llevan a cabo simulaciones con el modelo computacional (6, 9) y se comparan sus predicciones con los datos experimentales obtenidos en la celda bidimensional.

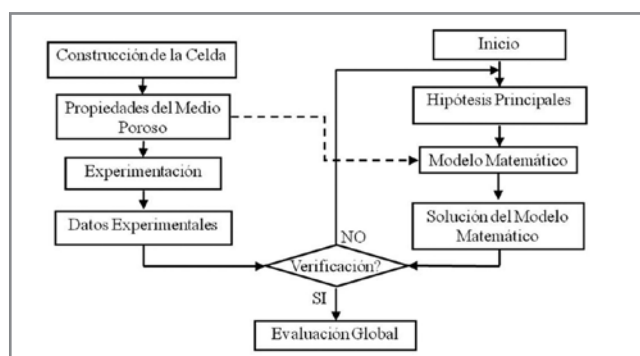


Figura 3. Metodología general para el estudio del proceso de eliminación electrocinética

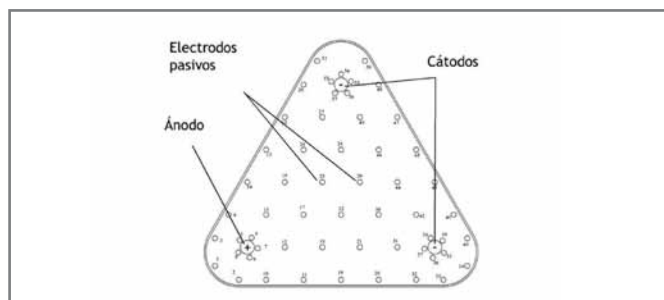


Figura 4. Esquema de la distribución de los puntos de muestro para pH, solución de Cu y electrodos pasivos en la celda experimental.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los datos que se muestran a continuación representan el promedio de varios experimentos en los cuales se colocaron partículas de sílica gel (SiO2) en la celda experimental y se empacaron con una máquina compactadora eléctrica. Este dispositivo es indispensable para asegurar la reproducibilidad de los datos experimentales, y fue diseñada ex profeso para las dimensiones y geometría de la celda. Una vez compactado, el medio poroso se saturó con una solución acuosa de sulfato cúprico para asegurar una concentración inicial de cobre de 100 mg/L y simular el suelo contaminado. Para el inicio de la operación se aplicó un voltaje de 20 V entre electrodos activos (ánodo y dos cátodos) y conforme transcurrió el tiempo se registraron el pH, concentración de Cu y voltaje en diversos puntos del medio poroso.

Por brevedad, se presentan los resultados al cabo de un tiempo de 96 horas. La Figura 5 muestra los contornos de voltaje medidos experimentalmente en la celda bidimensional (5a) y los calculados por el modelo computacional (5b). Considerando la complejidad del sistema bajo estudio, la comparación entre ambas figura indica que el modelo computacional reproduce razonablemente el comportamiento experimental, y puede ser utilizado como herramienta para posteriores estudios de evaluación y optimización del proceso.

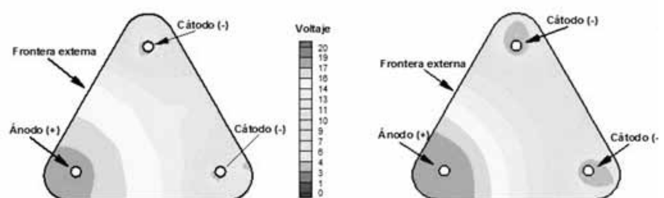


Figura 5. Potencial eléctrico en el arreglo triangular al cabo de 96 horas.

(a) Valores experimentales; (b) Valores calculados con el modelo computacional.

La Figura 6 muestra los contornos de concentración de cobre total en la fase acuosa del medio poroso. En este caso el modelo predice que el movimiento del contaminante hacia los electrodos ocurre a una rapidez ligeramente mayor a lo observado en los experimentos.

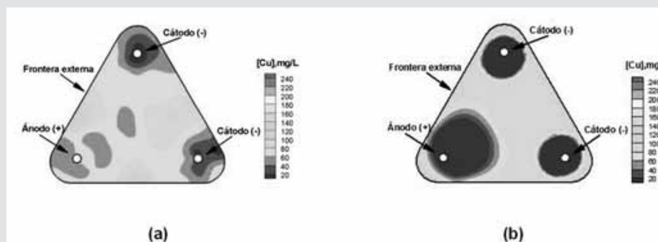


Figura 6. Concentración de cobre en el arreglo triangular al cabo de 96 horas; (a) Valores experimentales; (b) Valores calculados con el modelo computacional.

Similarmente, la Figura 7 muestra los valores de pH. Se puede observar que alrededor de los cátodos los valores de pH se incrementan pronunciadamente. El área de pH calculado por el modelo matemático es ligeramente mayor en extensión y en magnitud que los valores experimentales.

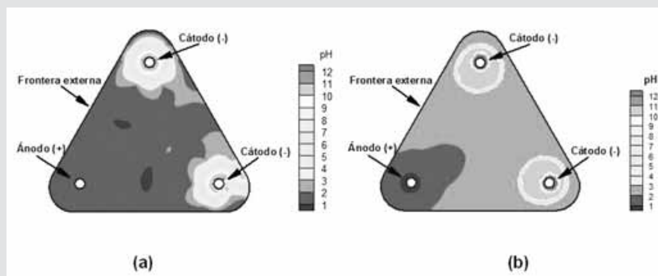


Figura 7 Valores de pH en el arreglo triangular al cabo de 96 horas; (a) Valores experimentales; (b) Valores calculados con el modelo computacional.

Las discrepancias entre los valores experimentales y las predicciones teóricas mostrados en las Figuras 5 a 7 motivan al perfeccionamiento continuo del modelo. De acuerdo a la Figura 6a, al término de 96 horas alrededor del 32% del área total ocupada por el medio poroso ha disminuido su concentración de cobre hasta valores inferiores a 50 mg/L, que es el límite de tolerancia en suelos. Potencialmente es posible mejorar el rendimiento del proceso incrementando el potencial eléctrico aplicado entre electrodos e incorporando agua de lavado para mantener un flujo constante de líquido y extraer el contaminante del medio poroso. Experimentos adicionales pueden realizarse a este respecto en la celda bidimensional para verificar estas hipótesis. Para campos de suelos extensos en los cuales la experimentación no es factible o muy costosa, una opción alternativa consiste en realizar predicciones con el modelo computacional con el fin de evaluar anticipadamente diferentes opciones de operación, a partir de las cuales sea posible establecer una estrategia de limpieza del suelo en cuestión.

CONCLUSIONES

Se presenta una metodología desarrollada en el departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora para el estudio y evaluación de la eliminación electrocinética, el cual es un proceso novedoso para la limpieza de suelos contaminados por medio de electricidad. La metodología consta de un modelo computacional y un sistema experimental bidimensional, los cuales son utilizados de manera simultánea para esclarecer y cuantificar los fenómenos relevantes del proceso, así como para evaluar su funcionamiento bajo distintas condiciones de operación. Con el debido perfeccionamiento de ambos sistemas, será posible en el futuro planear y optimizar operaciones de limpieza de suelos reduciendo costos de operación.

BIBLIOGRAFÍA

1.Apostolos Gianis, E.G., Antigoni Skouta, Transport of cadmium and assessment of phytotoxicity after electrokinetic remediation. Journal of Environmental Management, 2007. 86: p. 535–544.

2.Buchireddy, P.R., R.M. Bricka, and D.B. Gent, Electrokinetic remediation of wood preservative contaminated soil containing copper, chromium, and arsenic. Journal of Hazardous Materials, 2009. 162(1): p. 490-497.

3.Park, S.W., et al., Electrokinetic remediation of contaminated soil with waste-lubricant oils and zinc. Journal of Hazardous Materials, 2009. 169(1-3): p. 1168-1172.

4.Chavez., C. Contaminación del suelo. 2009 [cited 2009; Available from: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/372/fuentes.html.

5.Genc, A., G. Chase, and A. Foos, Electrokinetic Removal of Manganese from River Sediment. Water Air and Soil Pollution, 2009. 197(1-4): p. 131-141.

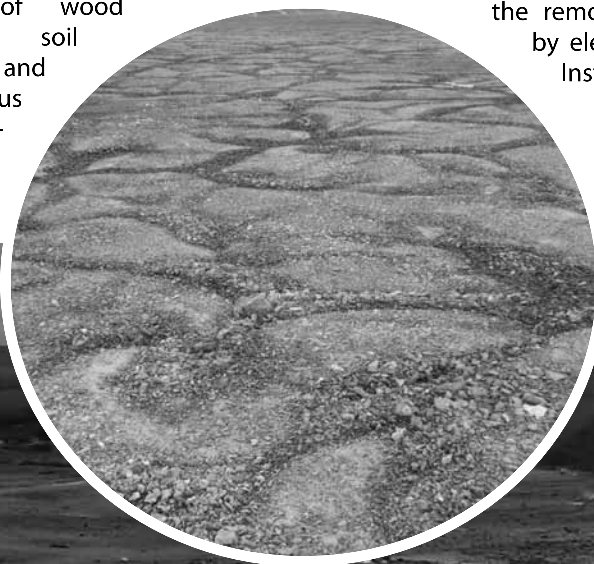
6.Jacobs, R.A. and R.F. Probstein, Two-dimensional modeling of electroremediation. Aiche Journal, 1996. 42(6): p. 1685-1696.

7.Probstein, R.F. and R.E. Hicks, Removal of Contaminants from Soils by Electric-Fields. Science, 1993. 260(5107): p. 498-503.

8.Shapiro, A.P. and R.F. Probstein, Removal of Contaminants from Saturated Clay by Electroosmosis. Environmental Science & Technology, 1993. 27(2): p. 283-291.

9.Jacobs, R.A., Two-dimensional modeling of the removal of contaminants from soils by electric fields. 1995, Massachusetts Institute of Technology.

10.Tecplot inc., f.A.E., Inc.), Tecplot 360, http://tecplot.com/. 2008: Bellevue, WA 98006.



UNA APLICACIÓN DEL TEOREMA DE BAYES EN PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO MÉDICO.

ALEJANDRINA BAUTISTA JACOBO

Se presenta una aplicación del Teorema de Bayes en el área de medicina, particularmente en el campo de las pruebas de diagnóstico. Es de gran importancia para el médico determinar si un paciente realmente presenta una enfermedad dado que una prueba de diagnóstico le está dando un valor positivo, o en su defecto, determinar que el paciente no presenta ninguna enfermedad alarmante debido a que se está basando en un resultado negativo de una prueba. En las siguientes líneas se desarrollarán las fórmulas para determinar este grado de certeza utilizando para ello el Teorema de Bayes.

M.C ALEJANDRINA BAUTISTA JACOBO
Departamento de Matemáticas
Universidad de Sonora
Correo:ale@gauss.mat.uson.mx



LA APORTACIÓN DE THOMAS BAYES

Thomas Bayes (1702-1761) fue un matemático británico que aportó mucho al campo de la probabilidad. Particularmente, el teorema que lleva su nombre y que refiere a la probabilidad de un evento condicionado por la ocurrencia de otro, fue utilizado en el campo de la medicina, en especial para las pruebas de diagnóstico. Una prueba diagnóstica permite detectar la presencia o la ausencia de una enfermedad [1]. Para ilustrar esta aplicación, supóngase que se tiene un estudio de casos y controles, donde el evento E son los enfermos (casos) y S los sanos (controles) representados estos dos eventos mutuamente excluyentes en una tabla de contingencia de 2x2. De igual forma sea R+ el evento de dar un diagnóstico positivo a la enfermedad en una prueba y R- el de dar un resultado negativo. Ver tabla 1:

Resultado de la prueba	Enfermo E	Sano S	
R+	P(E∩R+)	P(S∩R+)	P(R+)
R-			P(R-)
	P(E)	P(S)	

Tabla 1 Presenta los posibles resultados en una prueba de diagnóstico y las probabilidades marginales

En la tabla se muestran las probabilidades marginales P(E) que representa la probabilidad de estar enfermo, P(S) es la probabilidad de estar sano, P(R+) es la probabilidad de dar un resultado positivo en la prueba y P(R-) la probabilidad de dar un resultado negativo. Estas probabilidades regularmente se conocen, cosa que no sucede con las probabilidades conjuntas P(E∩R+) y P(S∩R+). La primera representa la probabilidad de estar enfermo y dar un resultado positivo en la prueba y la segunda indica la probabilidad de estar sano y dar un resultado positivo en la prueba.

Particularmente el médico está interesado en conocer la probabilidad de que el paciente presente la enfermedad dado que la prueba arroja un valor positivo. Esta probabilidad condicional se puede expresar como P(E/R+).

Sabemos que la probabilidad condicional de un evento A dado que ha ocurrido B se define [2] como:

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

De igual forma se cumple que

$$P(B/A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

De modo que la probabilidad buscada se puede expresar como:

1 $$P(E/R+) = \frac{P(E \cap R+)}{P(R+)}$$

De la tabla 1 se puedeobservar que:

$$P(R+) = P(E \cap R+) + P(S \cap R+)$$

Si sustituimos esta expresión en la ecuación (1) tenemos que:

2 $$P(E/R+) = \frac{P(E \cap R+)}{P(E \cap R+) + P(S \cap R+)}$$

De la ecuación (1) podemos despejar el término del numerador:

$$P(E \cap R+) = P(R+) * P(E/R+)$$

Sabemos que P(E∩R+)=P(R+∩E) [3] y podemos ver que también se cumple:

3 $$P(E \cap R+) = P(E) * P(R+/E)$$

Análogamente tenemos que:

4 $$P(S \cap R+) = P(S) * P(R+/S)$$

Si sustituimos las ecuaciones (3) y (4) por su término equivalente en la ecuación (2), tenemos que:

5 $$P(E/R+) = \frac{P(E) * P(R+/E)}{P(E) * P(R+/E) + P(S) * P(R+/S)}$$

La ecuación resultante de estas sustituciones es llamada el Teorema de Bayes.

VALOR PREDICTIVO POSITIVO (VPP)

Ahora bien, en medicina, la probabilidad de estar enfermo dado que la prueba arrojó un valor positivo se le conoce como Valor Predictivo Positivo (VPP) [4]. Utilizando esta simbología tenemos que:

6 $$VPP = \frac{P(E) * P(R+/E)}{P(E) * P(R+/E) + P(S) * P(R+/S)}$$

A la probabilidad de estar enfermo se le conoce como la Prevalencia [4], y un concepto muy utilizado en este campo es la Sensibilidad de una prueba de diagnóstico. Esta representa la probabilidad de acertar en el diagnóstico, es decir, representa la probabilidad de dar un resultado positivo en los enfermos [4]. De modo que:

7 $$Sensibilidad = P(R+/E)$$

Sustituyendo estos conceptos en la expresión del Teorema de Bayes tenemos:

8 $$VPP = \frac{prevalencia * sensibilidad}{prevalencia * sensibilidad + P(S) * P(R+/S)}$$

Nos quedan todavía los términos de P(S) y P(R+/S).

Sabemos que E y S son dos eventos mutuamente excluyentes y que se cumple que:

9 $$P(E) + P(S) = 1$$

Despejando de esta expresión P(S) tenemos que:

$$P(S) = 1 - P(E) \quad \grave{o}$$
$$P(S) = 1 - prevalencia$$

TASA DE LOS FALSOS POSITIVOS

Por otro lado, P(R+/S) representa la probabilidad de dar un resultado positivo en las personas sanas. Esta probabilidad es conocida como la tasa de los falsos positivos y es un tipo de error que se comete en las pruebas de diagnóstico [5].

De modo que la expresión para VPP puede expresarse como:

$$VPP = \frac{prevalencia * sensibilidad}{prevalencia * sensibilidad + (1 - prevalencia) * tasa\ de\ falsos\ positivo}$$

Los valores de la tabla 1 pueden reescribirse en términos de sus cardinalidades. Esto se muestra en la tabla 2.

Resultado de la prueba	Enfermo E	Sano S
R+	VP	FP
R-	FN	VN

Tabla 2 Presenta los valores en un estudio de casos y controles.

Tenemos que:

VP: significa verdaderos positivos, es decir, están enfermos y la prueba les dio positivos.

VN: verdaderos negativos; están sanos y la prueba les dio negativo.

FP: falsos positivos; están sanos y la prueba les dio positivo.

FN: falsos negativos; son pacientes enfermos que la prueba les da negativo.

Otro concepto muy mencionado en las pruebas de diagnóstico es la especificidad. Ésta representa la capacidad que tiene la prueba para detectar la ausencia de la enfermedad en personas sanas [5], esto es, P(R-/S), llamada también la tasa de los verdaderos negativos. Por la definición de la probabilidad condicional tenemos que:

$$especificidad = P(R-/S) = \frac{P(R- \cap S)}{P(S)}$$

Observe cómo la P(R+/S), que es la tasa de los falsos positivos y la especificidad son calculadas sobre el total marginal de personas sanas, de modo que sus valores son complemento. Es decir, 1-especificidad nos da la tasa de los falsos positivos.

Así que la expresión para el valor predictivo positivo queda concluida como

$$VPP = \frac{prevalencia * sensibilidad}{prevalencia * sensibilidad + (1 - prevalencia) * (1 - especificidad)}$$

Observe cómo la probabilidad de que el paciente realmente tenga la enfermedad, dado que la prueba da positivo, está en función de la prevalencia, sensibilidad y especificidad, conceptos conocidos por el médico.

VALOR PREDICTIVO NEGATIVO (VPN)

De igual forma, podemos definir la probabilidad de estar sano, dado que la prueba da un resultado negativo. A este concepto se le llama Valor Predictivo Negativo (VPN). Expresado como probabilidad condicional, tenemos que

$$VPN = P(S/R-) = \frac{P(S \cap R-)}{P(R-)}$$

Observe en la tabla 3 cómo también se cumple que:

$$P(R-) = P(E \cap R-) + P(S \cap R-)$$

Resultado de la prueba	Enfermo E	Sano S	
R+	$P(E \cap R+)$	$P(S \cap R+)$	P(R+)
R-	$P(E \cap R-)$	$P(S \cap R-)$	P(R-)
	P(E)	P(S)	

Tabla 3 Presenta las probabilidades conjuntas y marginales

Así que, aplicando de nuevo el Teorema de Bayes tenemos:

$$VPN = \frac{P(S)*P(R-/S)}{P(S)*P(R-/S)+P(E)*P(R-/E)}$$

Expresando de nuevo la probabilidad de sanos en términos de la prevalencia, y sabiendo que la P(R-/S) es la especificidad, tenemos que:

$$VPN = \frac{(1-prevalencia)*especificidad}{(1-prevalencia)*especificidad + prevalencia*P(R-/E)}$$

Anteriormente se había hablado que el concepto de sensibilidad expresa la probabilidad de dar un resultado positivo entre los enfermos, es decir, P(R-/E). Ésta probabilidad es llamada también la tasa de los verdaderos positivos, y a P(R-/E) , que representa la probabilidad de dar un resultado negativo entre los enfermos se le conoce como la tasa de los falsos negativos. Tenemos que los valores de ambas probabilidades son complementarios, de modo que P(R-/E) la podemos expresar en términos de la sensibilidad, es decir, P(R-/E)= 1-sensibilidad. Así que nuestra expresión para el Valor predictivo negativo es:

$$VPN = \frac{(1-prevalencia)*especificidad}{(1-prevalencia)*especificidad + prevalencia*(1-sensibilidad)}$$

Así pues, conocer la probabilidad de que un paciente esté enfermo dado el resultado positivo de la prueba, o no tener la enfermedad dado un resultado negativo de la prueba, depende de la prevalencia de la enfermedad así como de la sensibilidad y especificidad de la prueba.

UNA APLICACIÓN HIPOTÉTICA.

Se hizo un estudio de casos y controles, donde los casos eran personas que padecían de glaucoma y los controles personas sanas. El glaucoma es un trastorno que se presenta en el nervio óptico y se debe al aumento de la presión en un ojo, también conocida como presión intraocular (PIO) [6]. Para medir la presión intraocular el médico utiliza una prueba de tonometría [7]. Para una persona normal, el tonómetro debe registrar una medida entre 10 y 20 mmHg, así que una presión intraocular alta se considera a partir de 21 mmHg [8]. Si el médico sabe que aproximadamente un 7% de la población padece de glaucoma y que la sensibilidad de tonómetro es del 87.5 y tiene una especificidad del 91% ¿Cuál es la probabilidad de que un paciente realmente tenga glaucoma dado que la lectura en el tonómetro fue mayor de 20 mmHg?

Para este caso calculemos el VPP:

$$VPP = \frac{prevalencia*sensibilidad}{prevalencia*sensibilidad + (1-prevalencia)*(1-especificidad)}$$

Según la información proporcionada, la prevalencia de la enfermedad es de 0.07, por tanto, (1-prevalencia) que es la probabilidad de estar sano, es de 0.93. La sensibilidad es de 0.875 y la especificidad es de 0.91. La probabilidad de los falsos positivos (1-especificidad) es igual a 0.09. Así que la probabilidad de tener glaucoma dado un resultado positivo en el tonómetro es:

$$VPP = \frac{(.07)*(.875)}{(.07)*(.875)+(.93)*(.09)} = 0.42$$

Claro que el médico también debe de basar su diagnóstico en otros factores de riesgo como son antecedentes familiares, la edad, raza, enfermedades como el diabetes, etc.

Es importante mencionar que en muchos de los textos de epidemiología o de bioestadística médica expresan las fórmulas de estos conceptos de una manera más simple. Éstos se basan en una tabla de contingencia como las que ya se han presentado en este escrito, pero con una notación diferente para los valores dentro de las casillas. Ver la tabla 4.

Resultado	Enfermo	Sano	Total
R+	A	B	A+B
R-	C	D	C+D
Total	A+C	B+D	A+B+C+D

De modo que las expresiones para el cálculo de sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos y además la prevalencia pueden expresarse como:

$$sensibilidad = \frac{A}{A+C}$$

$$especificidad = \frac{D}{B+D}$$

$$VPP = \frac{A}{A+B}$$

$$VPN = \frac{D}{C+D}$$

$$prevalencia = \frac{A+C}{A+B+C+D}$$

Puede verse que en las primeras cuatro expresiones está implícita la probabilidad condicional.

CONCLUSIONES

Hasta aquí, se ha intentado presentar una aplicación sencilla y sin complejas demostraciones de la probabilidad condicional y el Teorema de Bayes. Cabe la pena mencionar que no es la única en este campo, existen otras como por ejemplo en los estudios de equivalencia, monitorización de ensayos clínicos, evaluación de datos locales, etc. Asimismo, en otras áreas como las ciencias sociales y la ingeniería, por mencionar algunas, se presenta también la aplicación de la teoría bayesiana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Greenberg, R.S; Daniels, S.R.; Flanders, W.D.; William, E.J.; Boring, J.R. Epidemiología Médica. Editorial Manual Moderno, México D.F. (2005), p 89-92
2. Pagano, M.; Gauvreau, K. Fundamentos de Bioestadística. Editorial Thomson Learning. México D.F. (2001), p 129
3. Lipschutz, S. Probabilidad. Editorial McGraw-Hill, México D.F. (2001)
4. Guerrero, V.; González, C. L; Medina, E. Epidemiología. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana (1986).
5. Morton, R.F; Hebel, J.R; McCarter, J. Bioestadística y epidemiología: con 125 preguntas de elección múltiple. Editorial Interamericana, México D.F. (1993)
6.http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001620.htm, consultado el 17 de septiembre del 2010.
7.http://www.docshop.com/es/education/vision/eyediseases/glaucoma/diagnosis/, consultada el 17 de septiembre del 2010.
8.http://ocularis.es/blog/?p=40, consultada el 18 de septiembre del 2010.



El CONSUMO DE ALCOHOL EN LAS ENTIDADES DEL NORTE DE MÉXICO

¿UN PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA EN LOS ESTADOS FRONTERIZOS?

SALVADOR PONCE SERRANO

El consumo nocivo de alcohol en las personas tiene graves consecuencias en su salud y productividad. Se debe contar con cifras e indicadores para cuantificar la magnitud del problema para poder sugerir medidas correctivas y preventivas. Las encuestas nacionales son herramientas que contienen datos valiosos que permiten diversos análisis para caracterizar la información sobre este problema. En este documento se identifica la magnitud del problema de consumo de alcohol a partir de los datos de la Encuesta Nacional de Adicciones 2008, se comparan los indicadores de consumo excesivo en la frontera norte, en cada uno de los estados que la integran y los datos promedio del país. La frecuencia de consumo excesivo encontrada en la población de la frontera norte fue 60.6 hombres y 14.5 mujeres por cada 100 personas, en edades de 12 a 65 años, Aunque el consumo consuetudinario es mas típico de la región que en el resto del país, predomina el consumo alto, sobre todo en cuatro estados, entre ellos, Sonora.

M.S.P. SALVADOR PONCE SERRANO
Correol: salponse@hotmail.com
Departamento de Medicina
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Universidad de Sonora.

EL CONSUMO DEL ALCOHOL

El consumo de alcohol ha sido una práctica común en los grupos humanos desde que se tiene memoria pero cuando ocurre en forma nociva, lleva a importantes problemas sociales, económicos y de otra índole diversa. Las bebidas que contienen alcohol son ampliamente consumidas en nuestro medio por hombres, mujeres, personas de diferentes edades y clases sociales, que viven tanto en el medio rural como en el urbano, que por la frecuencia, cantidad y daños que causa, se declara que es un problema de salud pública (1,2).

El consumo de alcohol es un grave problema de salud pública debido a que gran proporción de la población bebe con patrones riesgosos como es el alto consumo por ocasión. Los daños que acarrea son enfermedad, discapacidad, muerte prematura asociándose a una amplia gama de enfermedades, trastornos y lesiones tales como:

- Cáncer de boca, esófago y laringe, como causa principal.
- Destrucción del hígado por cirrosis hepática y pancreatitis, secundarios a su consumo excesivo durante largos períodos de tiempo.
- En embarazadas, el alcohol causa daños al feto.
- Muchas enfermedades, como la hipertensión arterial, la gastritis, la diabetes y varias formas de infarto cerebral se agravan a veces por el consumo ocasional ó de breve duración y más cuando el consumo es frecuente y abusivo, igual ocurre con los trastornos mentales como la depresión.
- Es una droga de inicio para llegar al uso de drogas ilícitas más toxicas.
- Lesiones por accidentes de tráfico, las caídas y problemas laborales, son consecuencia del consumo de alcohol, causando alta frecuencia y letalidad.



America Latina y México son las áreas donde con mayor frecuencia ocurren daños por el consumo nocivo de alcohol en el mundo. El peso de la enfermedad causada por el uso del alcohol varía de 4 a 11% según países. En México, se ha estimado que el abuso de alcohol, representa el 9% del peso de la enfermedad. Si bien los daños y riesgos asociados al consumo de alcohol se presentan más en las personas con dependencia a alcohol, también aparecen en personas que no son dependientes

Por lo que se refiere al individuo, el alcoholismo lleva al aislamiento social, pérdida de oportunidades laborales, dependencia económica y sufrimiento moral, con las consecuentes repercusiones en los ámbitos familiar y comunitario (3).

NOMENCLATURA PARA EL ESTUDIO DEL CONSUMO DE ALCOHOL

¿Quiénes están en mayor riesgo de sufrir daños a su salud por el consumo de alcohol? Esto se puede saber si identificamos el número de individuos, la proporción de población por edad, sexo, lugar, el patrón de consumo y otras variables de quienes declaran beberlo. Si también se determinan los costos y consecuencias del consumo, se habrán dado los pasos iniciales para diseñar intervenciones exitosas en materia de control y prevención del consumo nocivo de alcohol.

Para el trabajo de búsqueda de las personas que experimentan, consumen, abusan o tienen dependencia del alcohol, es necesario contar con la terminología que sea aceptada y compartida por la comunidad y los responsables de las acciones.

Para el caso particular de la adicción al alcohol etílico (o alcoholismo) y de su consumo excesivo, la OMS ha propuesto los criterios de la Clasificación International de Enfermedades, décima revisión (CIE-10), así como la de la American Psychiatric Association (APA), con la clasificación DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition). Ambas son parecidas y se basan en el concepto de «síndrome de dependencia del alcohol» que se caracteriza por ciertos signos y síntomas fácilmente observables, entre los que destacan la incapacidad para controlar la ingestión de alcohol, los síntomas de la abstinencia cuando se deja de beber y la tolerancia -necesidad de ingerir mayor cantidad de alcohol para alcanzar la intoxicación- durante las primeras etapas. (4)

La OMS acepta el término «alcoholismo», para su uso generalizado y se puntualiza como el estado patológico físico y a la vez psicológico, trastorno de la conducta caracterizado porque el individuo bebe alcohol en exceso, más de lo aceptado socialmente, a pesar de que sabe que esa conducta es la causa de los problemas de salud, familiares y sociales que padece. Esta definición del alcoholismo, puede usarse ventajosamente con el personal del sistema educativo, los participantes de

programas preventivos, el voluntariado, los ciudadanos comunes, profesionales, etc.

La expresión «problemas relacionados con la ingestión de alcohol», que ya es de uso generalizado, no debe entenderse como una categoría específica de diagnóstico. Se refiere a un amplio rango de consecuencias del consumo inadecuado de alcohol, que incluye dificultades familiares, problemas legales y laborales, accidentes, trastornos de la salud, etc., pero es de la mayor importancia tener presente que estos problemas no necesariamente implican que se beba en exceso aun que si se puede hacer una valoración de las probabilidades de que se produzcan efectos adversos a medida que aumenta el consumo de alcohol.

LA ENCUESTA NACIONAL DE ADICCIONES

Para caracterizar problemas de salud de alta relevancia en México, periódicamente se realizan encuestas nacionales de salud. Estas son herramientas muy útiles para caracterizar los problemas y riesgos en la población. Ejemplo son las encuestas nacionales de adicciones que se realizan desde 1988. La quinta y más reciente es la Encuesta Nacional de adiciones (ENA 2008) donde participaron la Secretaria de Salud a través del CONADIC (Consejo Nacional Contra las Adicciones) del Instituto Nacional de Psiquiatría y el Instituto Nacional de Salud Publica.

Esta encuesta mide la frecuencia del uso por la población, de drogas permitidas, alcohol, tabaco, de drogas médicas consumidas fuera de prescripción y de drogas ilegales no medicas, en los ámbitos nacional, estatal, en los diferentes grupos de edad y sexo.

Los propósitos de la ENA 2008 fueron generar información confiable para caracterizar la prevalencia del uso de tabaco, alcohol y drogas en la población adolescente de 12 y 17 años y adulta de 18 y 65 años. También, conocer los factores asociados a la utilización de estas sustancias, para así detectar la necesidad de atención y el uso de servicios relacionados con el abuso de las mismas. La ENA 2008 usó una metodología compleja y valida que se describe ampliamente en su publicación, tanto la que contiene los resultados nacionales y por cada estado del país (5).

La ENA 2008 contiene datos que pueden ser integrados para la obtención de información mas especifica por población, lugar, y demás variables que contiene por lo que el objetivo de este reporte es comunicar los datos relativos al consumo de alcohol en los estados fronterizos de México con los Estados Unidos, estableciendo comparaciones para identificar patrones que permitan sugerir medidas preventivas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se tomaron los datos de le ENA 2008 referentes al consumo de alcohol tanto en el ámbito nacional como los de los estados de la frontera norte Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (6-11). Se vaciaron los datos en hoja de cálculo, obteniendo cuadros y gráficas. Se hicieron comparaciones por grupos de edad, jóvenes de 12 a 17 y adultos de 18 a 65 años, por sexo, entre los estados y entre indicadores resumen nacionales y de la frontera norte.

Las categorías de consumo de alcohol usadas en la ENA 2008 son:

a. Población que consume alcohol diario. Quienes contestaron en la encuesta consumir diariamente al menos una copa de una bebida con contenido de alcohol.

Cuadro 1a

Prevalencia de Consumo de alcohol por entidad frontera Norte. Población total de 12-65 años. ENA Frontera/México,2008

	Consumo Diario		Bebedores altos		Consuetudinarios		Abuso/dependencia			
	N	%	N	%	N	%	N	%	**Frecuencia**	**Razón**
Baja California	6119	0.3	420914	18.4	113508	5	34615	1.5	**25.2**	**0.66**
Coahuila	12239	0.7	334852	18.2	101629	5.5	82313	4.5	**28.9**	**0.76**
Chihuahua	38797	**1.6**	650901	27.3	218191	9.2	112518	4.7	**42.8**	**1.12**
Nuevo León	40089	1.3	947170	**29.7**	303269	**9.5**	1587254	5	**45.5**	**1.19**
Sonora	3101	0.2	504802	28.6	95430	5.4	83223	4.7	**38.9**	**1.02**
Tamaulipas	14111	0.6	626093	27.7	188889	8.4	1400061	**6.2**	**42.9**	**1.12**
Prom. Frontera	**19076**	**0.8**	**580789**	**25.0**	**170152.67**	**7.2**	**549997**	**4.4**	**37.4**	**0.98**
Nacional	**622873**	**0.8**	**20016038**	**26.6**	**3986461**	**5.3**	**4168063**	**5.5**	**38.2**	**1.00**

Cuadro 1b

Prevalencia del consumo de alcohol por entidad fronteriza. Población **masculina** de 12 a 65 años. ENA Sonora. México, 2008

	Consumo Diario		Bebedores altos		Consuetudinarios		Abuso/dependencia			
Estados	N	%	N	%	N	%	N	%	**Frecuencia**	**Razón**
Baja California	5280	0.5	271534	23.6	89612	7.8	27555	2.4	**34.3**	**0.58**
Coahuila	11905	1.3	245299	27	79166	8.7	68497	7.5	**44.5**	**0.75**
Chihuahua	37388	**3.2**	480826	40.8	190179	16.2	99550	8.5	**68.7**	**1.15**
Nuevo León	33502	2.1	1751569	**47.5**	283719	**17.9**	153774	9.7	**77.2**	**1.30**
Sonora	3101	0.4	405620	46.2	89382	10.2	68055	7.7	**64.5**	**1.08**
Tamaulipas	14111	1.3	510860	46.1	173078	15.6	128379	**11.6**	**74.6**	**1.25**
Prom. Frontera	**17548**	**1.5**	**610951**	**38.5**	**150856**	**12.7**	**90968**	**7.9**	**60.6**	**1.02**
Nacional	**527789**	**1.5**	**14129563**	**39.1**	**3366993**	**9.3**	**3497946**	**9.7**	**59.6**	**1.00**

Cuadro 2a

Prevalencia del consumo de alcohol por entidad fronteriza y nacional. Población de 18 a 65 años. ENA . México, 2008

Estados	Consumo Diario	Bebedores altos	Consuetudinarios	Abuso/dependencia		
	%	%	%	%	Frecuencia	Razón
Baja California	0.3	20.8	5.6	1.7	28.4	0.65
Coahuila	0.8	20.4	6.1	4.8	32.1	0.73
Chihuahua	**2**	31.2	10.5	5.2	48.9	1.12
Nuevo León	1.5	**34.2**	**11.1**	5.5	52.3	1.19
Sonora	0.2	32.9	6.3	5.5	44.9	1.03
Tamaulipas	0.7	31.6	9.8	**6.9**	49	1.12
Prom. Frontera	0.9	28.5	8.2	4.9	42.6	0.97
Nacional	1	30.6	6.1	6.1	43.8	1.00

Cuadro 2b

Prevalencia del consumo de alcohol por entidad fronteriza. Población masculinos de 18 a 65 años. ENA . México, 2008

Estados	Consumo Diario	Bebedores altos	Consuetudinarios	Abuso/dependencia		
	%	%	%	%	Frecuencia	Razón
Baja California	0.6	27.5	9	2.8	39.9	0.57
Coahuila	1.6	30.8	9.7	8.1	50.2	0.72
Chihuahua	3.9	47.3	18.6	9.2	79	1.14
Nuevo León	2.5	**54.8**	20.9	10.8	89	1.28
Sonora	0.4	53.6	12	9.1	75.1	1.08
Tamaulipas	1.5	52.8	18.2	13	85.5	1.23
Prom. Frontera	1.8	44.5	14.7	8.8	69.8	1.01
Nacional	1.7	45.6	11	11.1	69.4	1.00

b. Bebedores altos, quien bebe grandes cantidades de alcohol por ocasión de consumo. Se utilizaron cinco copas o más como punto de corte para los varones y cuatro o más para las mujeres, independientemente de la frecuencia de consumo.

c. Consumo consuetudinario, que se definió como el consumo diario y además el de cinco copas o más para los hombres y cuatro o más para las mujeres, una vez a la semana o con mayor frecuencia.

d. Abuso/dependencia al alcohol. Se definió así al patrón de consumo desadaptativo que lleva a un deterioro o malestar clínicamente significativo expresado por la presencia de tres o más síntomas: tolerancia; abstinencia; uso en mayor cantidad o tiempo de lo deseado; deseo persistente por consumir; empleo de mucho tiempo para conseguir alcohol o recuperarse de sus efectos; reducción de actividades sociales, laborales o recreativas por causa del alcohol y uso continuado a pesar de conocer el daño produce, en los últimos doce meses previos a la encuesta.

Se utilizamos dos indicadores resumen en este documento: la “frecuencia promedio de consumo excesivo” que es la suma de la frecuencia de cada categoría y la “razón de consumo excesivo de alcohol” que es el resultados de dividir la sumatoria de las categorías anteriores por estado entre el indicador nacional.

RESULTADOS

A) Población General de 12 a 65 años

La frecuencia de consumo excesivo de alcohol fue 37.37% en personas de este grupo de edad en la frontera y parecida a las cifras nacionales que fueron 38.2%. En el cuadro 1a, se puede ver por estado, los datos del consumo diario de alcohol, la proporción de bebedores altos de alcohol, la de bebedores consuetudinarios y el abuso/dependencia. Sólo en bebedores consuetudinarios la frontera tiene cifras más altas. Cuatro estados rebasan el indicador razón de consumo excesivo de alcohol, Sonora, Chihuahua, Tamaulipas y sobre todo Nuevo León que muestra un exceso por tener una razón de 1.19.

Si observamos los datos sólo de hombres de este grupo de edad en la frontera identificamos en ellos una alta frecuencia del consumo excesivo de alcohol, 59.6%, similar a su contraparte nacional que fue 60.6%. Cuatro estados rebasan los consumos promedios nacionales y de la región, Sonora, Chihuahua, Tamaulipas y Nuevo León. En este último estado, el indicador es más alto, con un exceso de 30% sobre la cifra nacional. Se observa que por cada 100 personas, 1.5 beben diariamente y se ve la proporción de las otras categorías. Se encontró que el bebedor consuetudinario es mas común en la frontera norte comparado con los indicadores nacionales. (Cuadro 1b)

El análisis del consumo excesivo de alcohol entre las mujeres de la frontera norte fue de 14.5% y es mayor en el ámbito nacional, 18.6%. Ningún estado de la frontera norte rebasa los promedios nacionales. Chihuahua es el estado con el indicador más alto. En el cuadro 1c, se observa que la población femenina en todo el país como la de la frontera, beben menos que los hombres.

B) Población de edad 18 a 65 años

El análisis de la población de 18 a 65 años, permite ver un aumento de los porcentajes de los indicadores, por la mayor edad de los sujetos. Por ejemplo la frecuencia del consumo excesivo de alcohol fue entre los habitantes de la frontera norte 42.6%. Es similar a la nacional 43.8%. Cuatro estados rebasan los promedios nacionales y de la región, Sonora, Chihuahua, Tamaulipas y Nuevo León, este último tiene una razón más alta, con un exceso de 19% sobre la media nacional. Los bebedores consuetudinarios son mas comunes en el norte del país (Cuadro 2a).

Cuadro 3a

Prevalencia del consumo de alcohol por entidad fronteriza y promedios. Población de 12 a 17 años. ENA Sonora. México, 2008

Estados	Consumo Diario %	Bebedores altos %	Consuetudinarios %	Abuso/dependencia %	Frecuencia	Razón
Baja California	***	6.3	1.8	0.5	8.6	0.63
Coahuila	***	6.9	2.7	**2.9**	12.5	0.92
Chihuahua	***	**9.2**	**2.8**	2.6	14.6	1.07
Nuevo León	***	4.5	0.8	2.1	7.4	0.54
Sonora	***	7.1	1	0.9	9	0.66
Tamaulipas	***	6.7	0.8	2.6	10.1	0.74
Prom. Frontera	0.0	6.8	1.7	1.9	10.4	0.76
Nacional	0.2	9	1.5	2.9	13.6	1.00

Cuadro 3b

Prevalencia del consumo de alcohol por entidad fronteriza. Población masculina de 12 a 17 años. ENA Sonora. México, 2008

Estados	Consumo Diario %	Bebedores altos %	Consuetudinarios %	Abuso/dependencia %	Frecuencia	Razón
Baja California	***	4.8	2.2	0.3	7.3	0.43
Coahuila	***	**9.6**	**4.3**	**4.7**	18.6	1.09
Chihuahua	***	**10.9**	**4.8**	**5**	20.7	1.21
Nuevo León	***	6.2	1.2	3.6	11	0.64
Sonora	***	9.7	1.2	1.2	12.1	0.71
Tamaulipas	***	9.9	1.7	3.9	15.5	0.91
Prom. Frontera	0.0	9	2.6	3.1	14.2	0.83
Nacional	0.3	11	2.2	3.6	17.1	1.00

En la población del sexo masculino de este grupo de edad, la frecuencia de consumo excesivo de alcohol mostró que los promedios, el nacional (69.4%) y el de la frontera norte (69.8%) son casi iguales, muy altos. Se vuelve a observar que cuatro estados rebasan los promedios nacionales y de la región, Sonora, Chihuahua, Tamaulipas y Nuevo León. Este último es que tiene el indicador más alto, con un exceso de 28% sobre la media nacional (cuadro 2b). En la población de mujeres de 18 a 65 años, la frecuencia de consumo excesivo de alcohol fue en 20.4 por cada 100 en el promedio nacional y el de la frontera norte fue 16.5%, muy parecidos, con lo que la idea de que la mujer del norte bebe mas en el país, no se demuestra. Cuadro 3c. Ningún estado de la frontera norte rebasa los promedios nacionales y Chihuahua es quien tiene el indicador en mujeres, más alto.

C) Población de 12 a 17 años

Entre los jóvenes de 12 a 17 años según la ENA 2008, se encuentra un mayor consumo excesivo en el ámbito nacional (13.6%) que en los jóvenes de la frontera norte (10.4%). Cuadro 3a. Chihuahua aparece con la cifra más alta, 14.6 por cada 100 personas. Se identifica que 2 de cada 1 000 jóvenes informaron consumir alcohol todos los días en el ámbito nacional, no así en la población de la frontera norte donde se cuantifico en cero la información. Los resultados son muy parecidos aunque menores en la población de la frontera comparadas con las del ámbito nacional, excepto en el consumo consuetudinario.

Al realizar el análisis en población masculina de 12 a 17 años, la frecuencia del consumo excesivo de alcohol mostró que el promedio nacional (17,1) es mayor a los de la frontera norte (14.2), pero dos estados se distinguen, Coahuila y más aún Chihuahua con una razón que da exceso de 1.21. Cuadro 3b. No se identifica consumo diario en población juvenil de la frontera norte. En las categorías de bebedores altos y abuso/dependencia fue menor proporción de jóvenes en la frontera norte, contrario a los bebedores consuetudinarios, que tienen mayor proporción en el ámbito nacional.

En mujeres de 12 a 17 años, la frecuencia del consumo excesivo de alcohol, identificó que los promedios nacionales son mayores (10.2%) que los de la frontera norte (6.4%) pero Baja California muestra el mayor índice entre los estados fronterizos. Cuadro 3c. También se observa que no se encontró consumo diario en mujeres de 12 a 17 años en la frontera norte, que las altas bebedoras fueron menos que la cifra nacional, aunque Baja California tiene un mayor indicador, que se encuentra por arriba del promedio nacional y del fronterizo. En la categoría bebedoras consuetudinarias la población femenina juvenil de la frontera norte tiene poco mayor proporción de estas bebedoras que las del ámbito nacional: 0.9% contra 0.7%. Baja California tiene el indicador mas alto (1.4%), doble al del promedio fronterizo. Las cifras del Abuso/dependencia, en jovencitas, nacional y por estado de la frontera norte muestran una mayor proporción en la población nacional que en la frontera. Solo un estado, Tamaulipas, tiene un indicador mayor al promedio fronterizo pero que es menor que el nacional.

En resumen, en la frontera norte la frecuencia de consumo excesivo de alcohol es muy parecida al consumo promedio en el país aunque discretamente menor pero hay cuatro estados que tienen mayor frecuencia con exceso, tanto para el ámbito regional como el nacional que se identifican bien. El patrón de consumo excesivo más común es la de alto bebedor pero el consuetudinario es mayor en comparación con los datos nacionales. En otras categorías, Nuevo León tiene mayor la proporción de altos bebedores, Tamaulipas el abuso/dependencia y en Baja California el consumo excesivo por mujeres jóvenes requieren un análisis y atención diferenciada.

DISCUSIÓN

Las enfermedades, violencias y lesiones en México, por el consumo excesivo, de alcohol son un problema de salud pública, señalado por autoridades nacionales e internacionales. (12). Por esto, las autoridades mexicanas le dieron relevancia en la ENA 2008 al tema del consumo excesivo del Alcohol. La ENA 2008 es una encuesta de hogares con representatividad nacional y estatal. Del tratamiento estadístico realizado a sus datos sobre el consumo de alcohol, observamos que las cifras obtenidas son similares para el ámbito nacional y para la región de la frontera norte. De los seis estados, Coahuila y Baja California presentan bajos indicadores, dos estados, Sonora y Tamaulipas presentan indicadores intermedios y dos estados presentan mayores cifras, que son Chihuahua y Nuevo León. En algunos de estos estados se observan características distintivas como ocurre en la población de 12 a 65 años, donde Chihuahua, y Nuevo León son estados con mayor necesidad de atender el problema de los altos bebedores. En población masculina se confirma la mayor prevalencia de altos bebedores en Nuevo León y la del mayor nivel de abuso dependencia en Tamaulipas. En población femenina el problema parece ser menor en las mujeres de la frontera norte, aunque Chihuahua se distingue por la frecuencia de altas bebedoras y Coahuila por la frecuencia de bebedoras consuetudinarias. En población de 12 a 17 años los indicadores de los estados de la frontera norte son mas bajos en comparación con los promedios nacionales pero Coahuila y Chihuahua se distinguen por sus mayores índices en población masculina y Chihuahua y Baja California por sus mayores índices en jovencitas de 12 a 17 años. Todas las cifras antes citadas son muy altas para el contexto mundial y de América. La presencia de cifras elevadas en los jóvenes es un foco rojo para la prevención.

Las políticas preventivas para el consumo de alcohol deben tener como meta principal disminuir la prevalencia de todos los problemas relacionados con el consumo de alcohol. Estos se presentan en los dominios de lo físico, lo psicológico y lo sociocultural, abarcando así tanto los daños a la salud del bebedor como los que se producen en su familia y en la sociedad. Para esto es necesario realizar múltiples actividades y acciones, una de estas es tener datos que permitan ir vigilando la evolución del problema por lo cual se recomienda no dejar de monitorear estos fenómenos y que en los estados a su vez se realicen encuestas como estas para identificar localidades o grupos con mayores necesidades.

Si bien las medidas preventivas de un programa efectivo deben abarcar a la totalidad de quienes ingieren bebidas alcohólicas y no concentrarse sólo en aquellos que pueden ser clasificados como bebedores excesivos o verdaderos dependientes del alcohol, el análisis de ellos a distintos niveles permite adecuar las otras acciones y actividades. Los datos obtenidos de esta y otras anteriores Encuestas Nacionales muestran que el consumo de bebidas alcohólicas continúa como una práctica característica de la población masculina, la presencia de un alto número de dependientes que requieren atención y que se debe considerar particularizar acciones en los estados donde se observo la afectación mayor de las mujeres y adolescentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Monteiro, Maristela G. Alcohol y atención primaria de la salud: informaciones clínicas básicas para la identificación y el manejo de riesgos y problemas. Washington, D.C.: OPS, ©2008. http://www.paho.org/Spanish/DD/PUB/Alcohol_Aten_prim_web.pdf.

2. Secretaria de Salud. Observatorio mexicano en tabaco alcohol y otras drogas. México. 2003

3. De la Fuente R, Medina-Mora ME, Caraveo AJ. El alcoholismo y problemas relacionados. México, D.F.: Instituto Mexicano de Psiquiatría/Fondo de Cultura Económica, 1997:266-292.

4. World Health Organization. Problems related to alcohol consumption, Report of a WHO Expert Committee. Tech. Report Series 650, Geneva, WHO, 1980.

5. Secretaría de Salud, Consejo Nacional contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Adicciones. México: SS, 2008.

6. Secretaría de Salud, Consejo Nacional contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Adicciones. México: SS, Encuesta Nacional de Adicciones 2008. Resultados por entidad federativa, Baja California.

7.-.Secretaría de Salud, Consejo Nacional contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Adicciones. México: SS, Encuesta Nacional de Adicciones 2008, Resultados por entidad federativa, Sonora

8. Secretaría de Salud, Consejo Nacional contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Adicciones. México: SS, Encuesta Nacional de Adicciones 2008, Resultados por entidad federativa, Chihuahua

9. Secretaría de Salud, Consejo Nacional contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Adicciones. México: SS, Encuesta Nacional de Adicciones 2008, Resultados por entidad federativa, Coahuila.

10. Secretaría de Salud, Consejo Nacional contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Adicciones. México: SS, Encuesta Nacional de Adicciones 2008, Resultados por entidad federativa, Nuevo León.

11. Secretaría de Salud, Consejo Nacional contra las Adicciones, Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Adicciones. México: SS, Encuesta Nacional de Adicciones 2008, Resultados por entidad federativa, Nuevo León.

12. Organizacion Panamericana para la Salud: La Región de las Américas lidera estadísticas mundiales en muertes, consumo, patrones y trastornos por alcohol. 2007, en:

http://devserver.paho.org/hq/index.php?option=com_content&task=view&id=283&Itemid=377

13. Anderson, P., Cremona, A., Paton, A., Turner, C. & Wallace, P. The risk of alcohol. Addiction 88, 1493-1508, 1993.

MORINGA UNA PLANTA PARA EL SIGLO XXI: NUEVO CULTIVO PARA SONORA

RAFAEL CANETT ROMERO, JUAN MANUEL VARGAS LÓPEZ, ARTURO SOQUI LEÓN

La planta de moringa actualmente se considera como una revelación, pues algunos la consideran un recurso de primer orden, ya que, en especial su bajo costo contrasta con su potencial para combatir la desnutrición y múltiples problemas relacionados con salud y aspectos socioeconómicos. Es reconocida la aportación de proteína que sus hojas contienen para complementar cualquier dieta, sea para consumo humano o animal. La planta posee una velocidad de crecimiento acelerada, facilidad de cultivo, así como, se puedan realizar algunas podas de sus hojas durante el año, lo que representa una ventaja de este cultivo para quienes lo utilizan en su alimentación. Finalmente, se considera que la utilidad de esta planta no se detiene aquí, sino que una gran mayoría de sus componentes anatómicos, pueden ser utilizados para distintos aspectos, tales como: fuente de aceites para la obtención de lubricantes, cosméticos, biodisel; capacidad de las proteínas contenidas en el fruto de moringa para la clarificación de aguas turbias; actividad antibiótica; capacidad antioxidante, entre otras.

M.C. RAFAEL CANETT ROMERO.
Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora.
Correo: rcanett@guayacan.uson.mx.

DR. VARGAS LÓPEZ JUAN MANUEL.
Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora.
Correo: jmvargas@capomo.uson.mx.

ARTURO SOQUI LEÓN.
Técnico Académico General. Departamento de Ingeniería Química.
Correo: asoquil@iq.uson.mx


Figura 1. Cultivo de moringa oleífera en la fundacion para la asistencia a la infancia.

EN LA BÚSQUEDA DE NUEVAS FUENTES DE NUTRIENTES

En un mundo tan cambiante como el actual la actividad humana está modificando la dinámica del planeta, de tal manera que se ha tornado todo un reto para la investigación dirigir esfuerzos que proporcionen una mejor calidad de vida a la población mundial sin romper el equilibrio con la naturaleza, además el traslado de alimentos de un lugar a otro los convierte en mercancía cada vez mas ajena para un gran sector de la población, la cual va en aumento cada día (3). Una problemática a resolver para la comunidad científica es la búsqueda de nuevas fuentes de nutrientes, generándose distintos vectores de solución sobre el rumbo que se debe tomar para resolver el problema de desnutrición y de disponibilidad de alimentos para la población humana. Bajo este plano un sector de investigadores dirige el conocimiento hacia nuevas fuentes de alimentos de origen natural, mismos que han adquirido gran importancia debido a su prometedor impacto en el bienestar del organismo. La generación de conocimiento sobre el aprovechamiento de nuevas especies de plantas, el comportamiento de los plantíos bajo diferentes condiciones y/o la aplicación de nuevas tecnologías en la siembra han sido algunos de los objetivos para aumentar el rendimiento de los cultivos, así como, la mayor producción de sustancias benéficas presentes en los productos a obtener. La búsqueda de nuevas fuentes de nutrientes y de substancias es investigada para adaptarlos o introducirlos en el ámbito humano. Varias alternativas se han propuesto, una de ellas es la planta de moringa (Moringa oleífera), que pertenece a un género con numerosas especies distribuidas por Zonas Áridas y Semiáridas de Asia, África y Madagascar. El creciente conocimiento científico permite ahora explotar una variedad mucho mayor de plantas para una gama mucho más amplia de usos (16), lo cual ha permitido que en los últimos años la planta de moringa sea considerada para ser cultivada en Sonora, dada las características climáticas y geográficas que prevalecen. Otro de los atributos de esta planta es que puede ser considerada como una posible fuente de aceite para el diseño y producción de biocombustibles, tecnología que no deja de ser importante en nuestros días debido al estado actual de los combustibles fósiles. En este mismo escenario, no solo la moringa puede ser protagonista, sino también, la higuerilla (Ricinus cummunis), el neem (Azadirachta indica), jojoba (Simmondsia chinesis), entre otras, que siendo cultivos no convencionales a futuro pueden representar un campo de interés e importancia para la investigación, misma que permitirá aclarar el potencial y bondades de estos recursos para la obtención de nuevas fuentes de energía que puedan impactar en primera instancia en la economía de nuestro estado y país, ya que los biocombustibles reducen los costos y son productos de mejor calidad al reducir la emisión de gases y generar productos reciclables y biodegradables; además, permiten independencia y mejoran la competitividad para aquellos lugares donde se producen (10). Finalmente, la moringa es una planta que se ha venido utilizando en países en vías de desarrollo, principalmente en proyectos de base comunitaria utilizando tecnologías de pequeña escala, con el objetivo de crear estrategias para mitigar los procesos del cambio climático y confrontar las deficiencias de disponibilidad de alimentos en las regiones de mayor pobreza (15).

LA PLANTA DE MORINGA

Sin lugar a dudas los cultivos nuevos están considerados como un aspecto importante en la investigación, ya que



Semilla de moringa

están destinados a proporcionar un bienestar a la humanidad. Un cultivo nuevo se define como aquella planta que se cosecha para satisfacer algunos requerimientos humanos. Desde este punto de vista, un cultivo nuevo se puede definir bajo formas diferentes, siempre que justifique la utilidad de una planta en algún sentido, lo cual puede ser desde plantas silvestres utilizadas tradicionalmente o no, hasta plantas cultivadas bajo una técnica nueva e incluso con el hecho de que hayan sido puestas en venta en mercados nuevos (16).

MORINGA UN NUEVO CULTIVO PARA MÉXICO

Uno de los nuevos cultivos en nuestro país es la planta de moringa; en razón de sus numerosos usos como verdura, fuente de aceite a partir de la semilla, como planta ornamental y medicinal, su fácil propagación como cultivo, justifica una investigación más intensiva en su potencial biológico y económico (8). Actualmente, la especie más conocida es Moringa oleífera y su principal utilidad es de complemento alimenticio, Moringa oleífera Lam., conocido comúnmente como resedá, árbol de rábano (horseradish tree), árbol de bequeta (drumstick tree), ángela, árbol de los espárragos, árbol de las perlas, árbol "ben" y por varios otros nombres más, es un árbol siempre verde o deciduo de tamaño pequeño y crecimiento acelerado que usualmente alcanza de 10 a 12 m de alto (12). En América Central, el árbol de moringa fue inicialmente introducido como planta ornamental y cerco vivo. Durante el siglo XIX en el Caribe exportaron el aceite extraído de la semilla hacia Europa para la producción de perfumes y lubricantes para maquinaria (4). La moringa se está revelando como un recurso de primer orden, debido a su bajo costo de producción, se ha utilizado en la prevención de la desnutrición y múltiples patologías, como la ceguera infantil, asociadas a carencias de vitaminas y elementos esenciales en la dieta. En especial se ha puesto bastante interés en la proteína que puede aportar, siendo las hojas de la planta un lugar de gran contenido de este nutriente, además que es una planta siempre verde, presenta facilidad de cultivo y gran velocidad de crecimiento, acepta grandes podas, entre otras (4,6).

El árbol de moringa es perenne, puede vivir hasta 20 años, es resistente al ataque de insectos, diversas enfermedades y agentes parasíticos y de acuerdo a estos y otros parámetros de sobrevivencia y resistencia de esta planta, es adecuada para ser cultivada extensivamente (9).

BENEFICIOS Y NUEVAS VARIEDADES DE MORINGA

En la India se han obtenido variedades anuales que permiten el cultivo mecanizado, además es una especie de rápido crecimiento que aporta una gran cantidad de nutrientes al suelo, promoviendo una importante protección de éste, permitiendo que las tierras donde se cultiva moringa tengan una gran resistencia a la erosión, la desecación y las altas temperaturas. Además, es un árbol que puede florecer todo el año si se encuentra en lugares donde no haya grandes cambios de temperatura y precipitación a lo largo del año como los países del Caribe. Por otra parte, soporta un amplio rango de temperatura (-1oC a 48oC) y es resistente a fuertes sequias (4). El aporte de aceite por hectárea supera al de la soya, ya que la moringa puede llegar a producir hasta 900 kg por hectárea, mientras que la soya su rendimiento es de solo el 20%. El alto contenido de oleico en el perfil de ácidos grasos del aceite de la semilla de moringa lo hace un buen prospecto para la producción de biodisel, pues su porcentaje puede llegar a ser hasta de un 78%, lo cual significa una buena estabilidad del producto que se obtenga (4). Algunas de las ventajas de producir biodisel consisten en su alto punto de inflamación, gran índice de biodegradación, baja toxicicidad, entre otros (11).



Planta de Moringa

USOS DE LA MORINGA

Cientos de plantas tienen gran impacto en la economía mundial, pero se necesitan cultivos nuevos para hacer frente a los especiales desafíos agrícolas, hortícolas y ambientales del siglo XXI. Existe gran capacidad que se puede aprovechar de miles de plantas que todavía no son conocidas, por lo que se debe poner atención sobre el potencial que éstas pueden representar, en especial considerando las necesidades futuras de un mundo cambiante (16). El árbol de moringa aunque nativo de la India ha sido naturalizado en muchas localidades, con alrededor de 13 especies de la familia Moringaceae (14). El árbol de moringa es una planta muy versátil a la cual se le han encontrado bastantes propiedades, en cierta forma se puede decir que la totalidad de la planta se puede aprovechar, no obstante, las hojas y semillas es lo más apreciado (17, 12). Asimismo, es conocido que en la corteza de las raíces de esta planta se encuentra un alcaloide denominada moringina, la cual es comparable con los efectos que produce la efedrina, por lo que debe ser removida antes de su consumo (2). La semilla puede representar un buen fertilizante posterior a la extracción de su aceite, ya que contiene un alto contenido de nitrógeno, mientras que las flores contienen un néctar que atrae a las abejas convirtiendo a esta planta un buen melífero para estos organismos. Además se ha estudiado a las hojas como fuente de hormonas para el crecimiento de plantas, obtenidas de hojas y tallos jóvenes, el principio activo es la zeatina (1). Esta planta puede proporcionar todo un coctel de antioxidantes con un amplio impacto benéfico sobre diferentes caminos metabólicos, su contenido de tocoferoles es bastante importante en esta planta en casi todas sus células, conocido antioxidante que realiza importantes contribuciones contra el estrés oxidativo, ya que actúan sobre los peróxidos antes de que éstos dañen las membranas celulares. Estos mecanismos actúan manteniendo el equilibrio del status redox en las células, inhibiendo de esta manera procesos degenerativos como el cáncer y la arterioesclerosis. Asimismo, se ha demostrado que las administraciones orales de hoja de moringa aumenta en el hígado los contenidos de los agentes antioxidantes naturales del organismo, como catalasa, citocromo b5, citocromo P450 y glutatión-peroxidasa, reductasa y S-transferasa, enzimas que intervienen en las reacciones de las fases I y II responsables de la detoxificación de sustancias xenobióticas, como los cancerígenos y compuestos tóxicos (13).

MORINGA PARA CONSUMO HUMANO

Los expertos manejan que dentro de los cultivos alimenticios existen aproximadamente

80 000 especies de plantas comestibles de los cuales se han utilizado solo 20 000, sobre todo en tiempos de hambruna. Se sabe que se consumen aproximadamente un mínimo de 5 000 tipos de plantas y formas cultivadas unas 3 000. Sin embargo, solo unas pocas especies de plantas son las que representan un interés en la nutrición humana. Desde el punto de vista comercial, unas 150 especies son consideradas importantes, de las cuales 12 representan el 75% de la alimentación básica de nuestra dieta diaria (16). Básicamente el árbol de la moringa puede ser considerado como un cultivo nuevo, algunas investigaciones tendientes a utilizar la moringa como fuente de nutrientes para la alimentación del hombre han demostrado que tiene un gran potencial.

PREPARACIÓN DE ALIMENTOS UTILIZANDO MORINGA

Los trabajos realizados por Vázquez (17), demostraron que el consumo de alimentos preparados con agregaciones de moringa tuvo una buena aceptación

por los consumidores, de tal forma que las características sensoriales que presentaron los productos probados no interfieren con la aceptabilidad de dichas preparaciones alimenticias teniendo así un mejor valor nutritivo. Verdugo (18) elaboró productos de panificación enriquecido con moringa al 1 y 0.5% de acuerdo una receta tradicional proveniente de la población del sur de Sonora para la preparación de pan, los resultados demostraron que hubo aumento en el contenido de proteína y fibra. Asimismo, las pruebas de aceptabilidad demostraron que la agregación de moringa en los productos elaborados presentó buena aceptabilidad por los jueces. Se han encontrado características importantes en cuanto al aporte de algunos nutrientes, pues contiene atributos de bastante interés, así por ejemplo se ha visto que los contenidos de las vitaminas A y C son bastante altos, ya que pueden llegara a ser hasta más de 3 veces mayor que las fuentes comúnmente conocidas como zanahoria y naranja respectivamente, esto adquiere gran importancia pues es sabido que estas 2 vitaminas son las de mayor deficiencia en la población mundial donde se sufre desnutrición, mismas que además se pueden aportar a la dieta por la hoja de moringa en momentos de sequia; es decir, sustituir una gran cantidad de frutas y verduras durante estos periodos, por las hojas de moringa en la dieta, ya que esta puede crecer bajo condiciones agronómicas de sequia, ya que sus requerimientos de agua son bajos (5). Por otra parte, el contenido de hierro también es significativo, a tal grado que en las Filipinas fue prescrito para problemas de anemia. Las hojas de moringa contienen bajos valores de grasa y carbohidratos, lo cual hace a esta planta un alimento excelente para acompañar las comidas en forma de legumbre (14).

EL APORTE PROTEICO DE MORINGA A LA ALIMENTACIÓN

En la mayoría de los casos la hoja de moringa puede proporcionar hasta más del 20% de proteína, con un buen balance de aminoácidos azufrados, mismos que son deficientes en una gran cantidad de dietas de muchos pueblos en donde su dieta diaria es a base de proteína vegetal, que en su conjunto puede llegar a ser de un 13 al 15% de proteína, como es el caso de los cereales, la cual suele ser la base de alimentación de algunos países y que de alguna manera han sostenido la alimentación por una cantidad importante de generaciones de individuos. En este caso la hoja de moringa pudiera muy bien complementar el aporte proteico junto con las leguminosas, lo que enriquecería y diversificaría la dieta de los pueblos, en particular las hojas tienen un sabor a berro, las cuales se pueden consumir junto con las flores ya sea cocidas o crudas. En este mismo sentido se debe de considerar este aspecto con un mayor énfasis, ya que la proteína de origen vegetal será más importante que la animal, sencillamente porque es más eficiente su producción (16). Por otra parte, el árbol produce también vainas tiernas que tienen un sabor muy similar al espárrago, las que se pueden comer como vegetales en preparaciones tipo ensaladas para su posterior consumo, ya sea cocidas o curtidas. Las hojas son ricas en proteína, minerales, beta-caroteno, tiamina, riboflavina y otras vitaminas, particularmente A y C. El ácido ascórbico (vitamina C) en las vainas verdes varía de entre 92 a 126 mg por 100 g de pulpa, mientras que la fruta no madura con un ligero sabor a cacahuate, flores y hojas contienen del 5 al 10% de proteína (12).

MORINGA COMO FUENTE DE BIOCOMBUSTIBLES

En la actualidad existe una tendencia sobre la generación de cultivos no alimentarios o denominados no aptos para consumo humano (conocidos en inglés como Non-food Crops), la búsqueda de fuentes alternativas de este tipo de cultivos tiene como propósito generar materiales con gran contenido energético, como las grasas y carbohidratos (principalmente triacilgliceroles, almidón o celulosa), que podría dar pie a un economía basada en recursos renovables de los llamados biocombustibles. Entre algunos de estos cultivos que cumplen con un perfil deseable en este campo están la higuerilla (Ricinus cummunis), el neem (Azadirachta indica), la jojoba (Simmondsia chinesis), entre otros (7). Dentro de los biocombustibles está la producción de biodisel, el cual es definido por la American Society for Testing and Materials International (ASTM), como el combustible compuesto de monoalquil esteres de cadena larga derivados de la reacción entre grasas vegetales o animales por transesterificación con un alcohol monohídrico, éste último por lo general es metanol, que además es el más económico para la síntesis de biodisel, aunque en Brasil se utiliza en mayor cantidad etanol, debido a que su producción representa un costo menor (11). Actualmente la generación de biodisel ha sido y seguirá siendo una carrera dentro de la investigación por alcanzar el mejor aprovechamiento y explotación de estos recursos, provocando una gran expectativa a nivel mundial debido al potencial que puede representar.

MORINGA UNA ALTERNATIVA PARA PRODUCIR BIODISEL

Cabe mencionar que uno de los cultivos que ha adquirido una gran importancia en los últimos 10 años por su gran versatilidad y en especial en la producción de biodisel es el caso del cultivo de la moringa, que se caracteriza por ser un grupo de plantas con un alto contenido de ácido benhenic o aceite de Ben, que presenta como característica principal un ácido graso saturado con una longitud de cadena de 22 átomos de carbón, lo que lo provee de una mayor estabilidad y resistencia a la rancidez, aspecto de gran importancia a considerar para la elaboración de biodisel. De acuerdo a la IUPAC su nomenclatura es ácido docosanoico con fórmula $C_{22}H_{44}O_2$ (10, 16). Otro aspecto

que destaca al aceite de moringa es su alto contenido de ácido oleico, el cual se encuentra como el ácido graso de mayor contenido dentro del perfil de los ácidos grasos que contiene el fruto de la moringa, la fracción de este ácido puede representar poco más del 70% cuando el fruto se encuentra en su madurez, mientras que el aceite de Ben se puede encontrar aproximadamente en un 7% del contenido total de ácidos grasos (11). Los contenidos de las fracciones de aceite de ben y de ácido oleico en el perfil de lípidos de la moringa lo perfilan como una de las fuentes más prometedoras de aceite para la producción de biodisel, además de su estabilidad, resistencia a la rancidez y bajo contenido de ácidos grasos libres (11). Por otra parte, este aceite proveniente de la semilla de Moringa oleífera tiene varios usos industriales como es la producción de cosméticos, lubricantes de maquinaria, aceite de cocina y combustible para lámparas, siendo muy apreciado para la elaboración de perfumes debido a su alta retención de olores (13).

CONCLUSIONES

El árbol de moringa brinda una gran cantidad de productos y su potencial puede ser de gran utilidad sobre todo en regiones de pobreza donde los recursos de proteína de alta calidad (animal y sus derivados) no son disponibles.

Actualmente no se ha reconocido el potencial de la planta de moringa y sus derivados, a pesar que se considera una planta muy versátil se le podrían utilizar para recuperar suelos erosionados. Para mejorar la calidad del ganado en lugares en los cuales los pequeños y medianos ganaderos cuentan con bajos recursos para proporcionar raciones balanceadas y como materia prima para producir biodiesel.

La relativa baja cantidad de factores anti-nutricionales y de lípidos, su alto valor proteico y su perfil de aminoácidos azufrados, se vuelve uno de los motivos para fomentar el uso de Moringa oleífera en la alimentación animal y humana.

Es una excelente fuente de proteínas para animales monogástricos. La acción antioxidante de algunos compuestos presentes en la planta, es una de las funciones más importantes fisiológicas de los alimentos con que cuenta esta planta, al proteger a los organismos contra efectos nocivos de la oxidación.

BIBLIOGRAFIA

1. Agrodesierto, 1999. Programa agroforestales (Moringa oleífera), dirección electrónica (en línea) www.agrodesierto.com.

2. Alfaro N.C. 2008. Proyecto: Rendimiento y uso potencial de Paraíso Blanco Moringa oleífera Lam en la Producción de Alimentos de alto Valor Nutritivo para su Utilización en Comunidades de Alta Vulnerabilidad Alimentario-Nutricional de Guatemala. Informe Final, FODECYT .

3. ENTREVISTA con Balbir Mathur, Fundadoro de Trees for Life. La Tribuna; septiembre del 2008.

4. Falseca, S. y Bernavé, M.A. 2008. Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de Moringa oleífera en argentina. Revista virtual de REDESMA. 2(1), 1-16.

5. Folkard, G. y Sutherland J. 1996. Moringa oleífera: Un árbol con enormes potencialidades. Avances de investigación: Agroforesteria en las Américas. 8(3), 23-27.

6. Folkard, G. y Sutherland J. 2009. Moringa oleífera: Un árbol mil usos. Tearfund International Learning Zone.

7. Higson, A. P. and Hamer, A. Specialty Non-food Crops. In A.E. Osbourn and V. Lanzotti (eds.), Plant-derived Natural Products. Springer Science + Business Media. Pp 569-583.

8. Hsu R., Midcap, S. Arbainsyah y De Witte L. 2006. Moringa oleifera: Medicinal and socio-economic uses. In: International Course on economy botany; National Herbarium Leiden the Netherlands; Pp 1-18.

9. Medina, M.G., Garcia, D.E., Calver, T. y Iglesias J.M. 2007. Estudio comparativo de Moringa oleífera y Leucena leucocephala durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. Zootecnia tropical, 25(2), 83-93.

10. Montiel, J. 2010. Potencial y riesgo ambiental de los biocombustibles en México. Ra Ximhai: Revista Científica de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible. 6(1), 57-62.

11. Moser, B.R. 2009. Biodiesel production, properties and feedstocks. In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plants, 45:229-266.

12. Parrotta, J. A. 1993. Moringa oleífera Lam. Resedá, horseradish tree. SO-ITF-SM-61. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. p. 6.

13. Pinheiro, P.M., Farias, D.F., De Abreu J.T. and Urano A.F. 2008. Moringa oleifera: bioactive compounds and nutritional potential. Rev Nutrition, 21 (4), 431-437.

14. Price ML. 2007. The Moringa Tree. ECHO Technical Note. 17391 Durrance road, North for Myers, FL. 33917, USA

15. Rua, A. 2008. Pintada solar: seguridad alimentaria y desarrollo sostenible en la región semiárida de Brasil; concurso internacional de buenas prácticas; ciudades para un futuro mas sostenible. http://habitat.aq.upm.es/dubai/

16. Small, E. and Catling P.M. 2008. Biodiversidad mundial-la fuente de cultivos nuevos. Biodiversity, 9(1 y 2), 3-7.

17. Vázquez, V. E. 2004. Formulación y aceptabilidad de preparaciones comestibles a base de Moringa oleifera. Tesis doctoral, Facultad de ciencias químicas y farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

18. Verdugo, M.G. 2010. Formulación de pan enriquecido con hojas de moringa (Moringa oleífera). Tesis licenciatura. Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior, Dirección de Educación Superior Tecnológica, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui

EL SISMO DE LA SIERRA EL MAYOR
(4 DE ABRIL DEL 2010, Mw 7.2)
Y SU IMPACTO EN LA ZONA RURAL DE SAN LUIS RÍO COLORADO, SONORA

ISMAEL MINJÁREZ SOSA, JOSÉ ALFREDO OCHOA GRANILLO, INOCENTE GPE ESPINOZA MALDONADO, ALEJANDRA MONTIJO GONZÁLEZ, ALBERTO VILLA TERÁN, IGNACIO RUIZ GERMÁN

El 4 de abril del 2010 a las 15:40 hora local, ocurrió un terremoto en el área de Mexicali, Baja California y San Luis Río Colorado, Sonora, cuya intensidad fue estimada por el U.S. Geological Survey en 7.2 en la escala de Richter. Este evento de magnitud no vista en más de 100 años en la zona generó múltiples daños en las habitaciones, infraestructura hidroagrícola y de comunicación en toda la región. Se presenta la descripción de algunos de los efectos de este fenómeno en la zona rural de San Luis Río Colorado, Sonora, producto de visitas de campo con personal del Departamento de Geología de la Universidad de Sonora, en apoyo a la respuesta de la Unidad Estatal de Protección Civil del Gobierno del Estado de Sonora ante este fenómeno.

M.C. ISMAEL MINJÁREZ SOSA
Correo: iminjare@geologia.uson.mx
M.C. JOSÉ ALFREDO OCHOA GRANILLO
DR. INOCENTE GPE ESPINOZA MALDONADO
M.C. ALEJANDRA MONTIJO GONZÁLEZ
Departamento de Geología, Universidad de Sonora
M.C. ALBERTO VILLA TERÁN
GEOL. IGNACIO RUIZ GERMÁN
Unidad Estatal de Protección Civil
Gobierno del Estado de Sonora

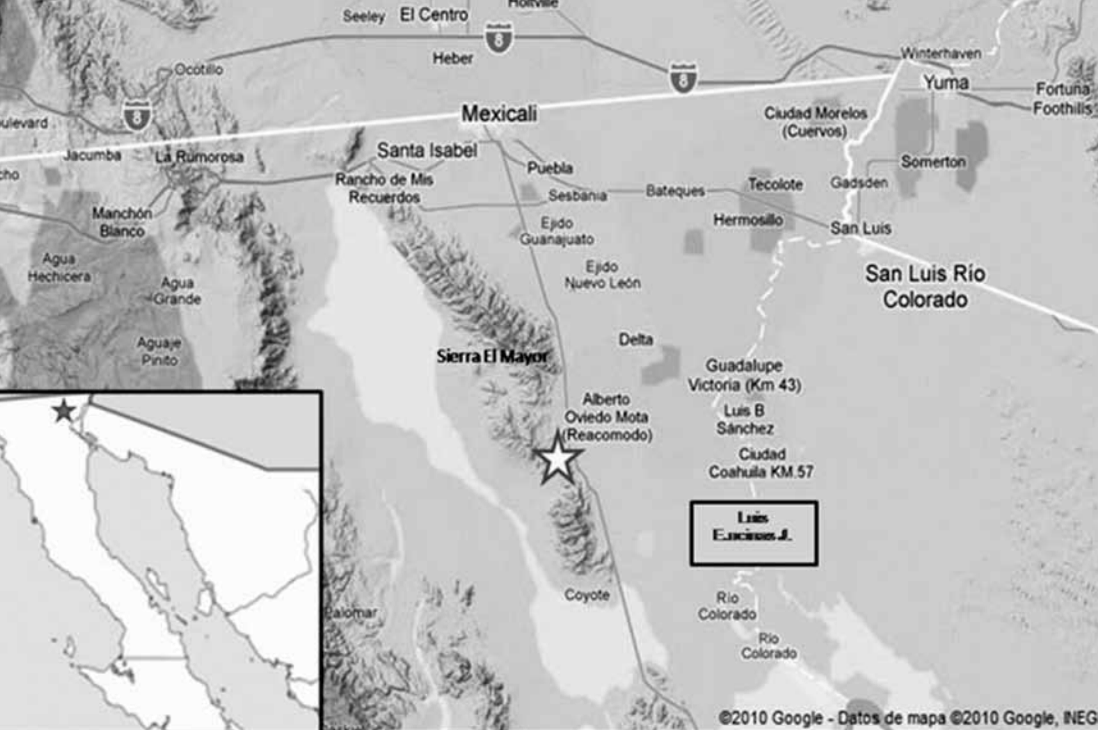


Figura 1. Ubicación del epicentro del sismo (estrella) del Sismo El Mayor, según el USGS

INTRODUCCIÓN: LOS TERREMOTOS

El 4 de abril del 2010 a las 15:40 hora local ocurrió un sismo de 7.2 Mw con epicentro en la Sierra el Mayor, al SE de Mexicali (4). Esta zona es de un elevado nivel de sismicidad, tanto histórica como reciente, aunque éste es el mayor evento ocurrido en la región desde 1892. La magnitud del terremoto del 4 de Abril fue mayor que la del sismo de 1940 (M 6.9) o que cualquiera de los sismos ocurridos en el norte de Baja California durante las primeras décadas del siglo XX (p.ej., 1915 y 1934) (2).

La superficie de la tierra parece ser solida y sin movimiento, sin embargo las placas tectónicas que conforman su última capa se están moviendo continuamente todo el tiempo, algunas gradual y suavemente y otras con sacudidas repentinas muy violentas, que sacuden fuertemente esa superficie volviéndola frágil y dinámica. La magnitud de los terremotos por lo general se mide usando una escala propuesta por Charles Richter en 1935 que mide esencialmente la energía liberada por el fenómeno. Algunos temblores pequeños registrados en esa escala son del orden de 3.5 grados, magnitud de movimiento de tierra que apenas puede ser suficiente para hacer vibrar una taza sobre una mesa. Los terremotos más severos sobrepasan el grado 8 y pueden destruir ciudades enteras. Un terremoto no puede ser anticipado o predecible, sin embargo los científicos pueden estudiar los registros de los temblores más recientes y medir la tensión acumulada dentro de las rocas. Así, se puede estimar la posible ocurrencia de un gran terremoto en un rango de tiempo razonable (5).

Los terremotos no matan, lo que mata es la infraestructura construida que colapsa como resultado de la sacudida de la superficie de la tierra. Los terremotos tienen por lo general bajo impacto en superficies abiertas pero cuando afectan áreas urbanizadas, los resultados son devastadores. Una medida del desastre que causa un terremoto es la Escala de Intensidades de Mercalli, que indica los efectos cualitativos que causan los sismos desde el grado I al XII. Tabla 1.

Escala de Mercalli		Richter
I	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables.	1.5
II	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar.	2
III	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño.	2.5
IV	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande.	3
V	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido.	3.5 4
VI	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañadas. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras.	4.5
VII	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento.	5
VIII	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar.	5.5
IX	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases.	6 6.5
X	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Rieles doblados.	7
XI	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida.	7.5
XII	Destrucción total con pocos sobrevivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionadas.	8

Tabla 1.- Escala de Mercalli de intensidad sísmica

LOCALIZACIÓN Y ENTORNO GEOLÓGICO

El sismo ocurrió el 4 de abril del 2010 a las 15:40 hora local, con una magnitud de 7.2 Mw con epicentro en la Sierra El Mayor, con coordenadas 32.259 grados N y 115.287 grados W según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (Fig. 1), generó importantes daños en la región, especialmente son conocidos los ocurridos en Mexicali, Baja California, y su zona rural, siendo poco publicitados los sucedidos en Sonora.

De acuerdo a los estudios de la Universidad de Sonora (3), el área objeto de este trabajo se localiza al extremo

noroeste del estado de Sonora dentro del municipio de San Luis Río Colorado (Figura 2). El municipio de San Luis Río Colorado colinda al norte con el condado de Yuma, Arizona, Estados Unidos de Norteamérica; al sur con el Golfo de California, al este con los municipios de Gral. Plutarco Elías Calles y Puerto Peñasco, al oeste con el municipio de Mexicali, Baja California y el tramo final del Río Colorado. Cuenta con una extensión territorial de 8,412.75 km2 que representa al 4.5 por ciento de la superficie total del Estado, las localidades más importantes además de la cabecera municipal son: El Poblado Luis B. Sánchez, Golfo de Santa Clara, Nuevo Michoacán e Islita.



Figura 2. Localización del área de estudio

El área tiene como límites naturales al norte la Mesa la Fortuna, Mesa de Yuma, y el valle de Yuma pertenecientes al estado de Arizona, EUA; al oriente se extiende el Desierto de Altar y la Zona Volcánica de El Pinacate en el estado de Sonora; hacia el sur el Golfo de California, y al poniente el Delta del Río Colorado o Valle de Mexicali y la zona de inundación del Golfo de California que son parte del municipio de Mexicali, B.C.

La zona se encuentra ubicada en un contexto geológico y tectónico complejo caracterizado (Fig. 3) por (1): a) El sistema de fallas San Andrés, que en esta zona se convierte en un conjunto complejo de estructuras, en general con dirección Noroeste y con movimiento transcurrente dextral, b) Una geología caracterizada por la existencia de una cubierta sedimentaria de hasta 5 kilómetros de rocas sedimentarias marinas y deltaicas depositados sobre el delta del Río Colorado y con una geomorfología donde predominan las geoformas desérticas de dunas y las formas deltaicas (lagunas, cauces, geoformas fluviales). Hidrogeológicamente la zona en general presenta un

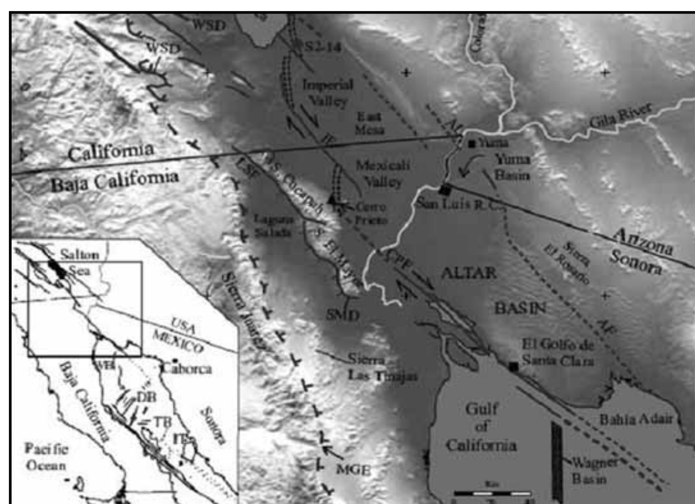


Figura 3. Marco tectónico regional de la zona del sismo del 4 de Abril de 2010 en la Sierra El Mayor

acuífero libre sobre rocas granulares con profundidades al nivel estático de 10 a 20 metros.

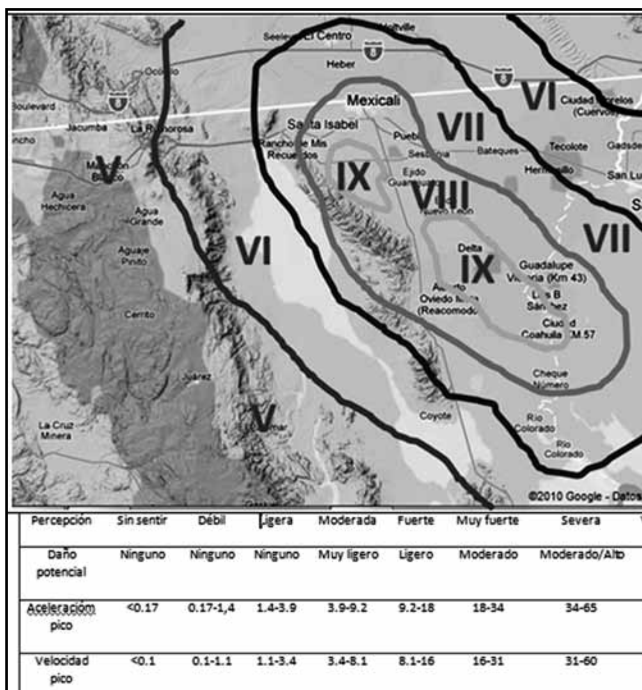
Ésta es un área con un elevado nivel de sismicidad, tanto histórica como reciente, desde 1982 no se había presentado un sismo tan grande como el de la Sierra El Mayor. El terremoto del 4 de abril ha sido de mayor magnitud que el sismo de 1940 (M 6.9) o que cualquiera de los sismos ocurridos en el norte de Baja California durante las primeras décadas del siglo XX (p.ej., 1915 y 1934).

En la zona de este terremoto la placa del Pacífico se mueve hacia el noroeste respecto a la de Norteamérica a una velocidad de aproximadamente 45 mm/año (4). El límite principal de placas en el norte de Baja California consiste en una serie de fallas de desgarre (transcurrentes) de dirección noroeste separadas por cuencas de pull-apart.

EL SISMO DE LA SIERRA EL MAYOR

El terremoto principal del 4 de abril tuvo lugar a lo largo de un segmento transcurrente del límite de placas que coincide con la parte sureste del sistema de fallas de Laguna Salada. Se trata de un evento complejo cuya ruptura parece haberse desarrollado primero hacia el este y hacia abajo, a lo largo de fallas en el extremo oriental de Sierra El Mayor, para después continuar con deslizamiento oblicuo hacia el noroeste. Por tanto se trataría de una combinación de movimiento de desgarre dextral, hacia el este y hacia abajo. En conjunto la localización y el mecanismo focal del terremoto indican que este evento tuvo lugar en dicho sistema de fallas (4) (Fig. 4).

La zona de réplicas se extiende desde el epicentro del evento principal en ambas direcciones a lo largo de este sistema de fallas (Fig. 5), abarcando desde el extremo norte del Golfo de California hasta unos 10 km al noroeste de la frontera entre México y EE.UU donde se traslapa con la porción del sistema de fallas que se cree se rompió durante 1892. El terremoto de Imperial Valley de 1940, de magnitud cercana a M 7, tuvo lugar en la falla Imperial, más al norte aún. Ambos sismos (1892 y 1940) presentaron amplia ruptura en superficie. Asimismo un sismo de



Percepción	Sin sentir	Débil	Ligera	Moderada	Fuerte	Muy fuerte	Severa
Daño potencial	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Muy ligero	Ligero	Moderado	Moderado/Alto
Aceleracióm pico	<0.17	0.17-1,4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65
Velocidad pico	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60

Figura 4. Ubicación y características del sismo de Sierra el Mayor, del 4 de Abril del 2010, según el USGS (http://earthquake.usgs.gov/).

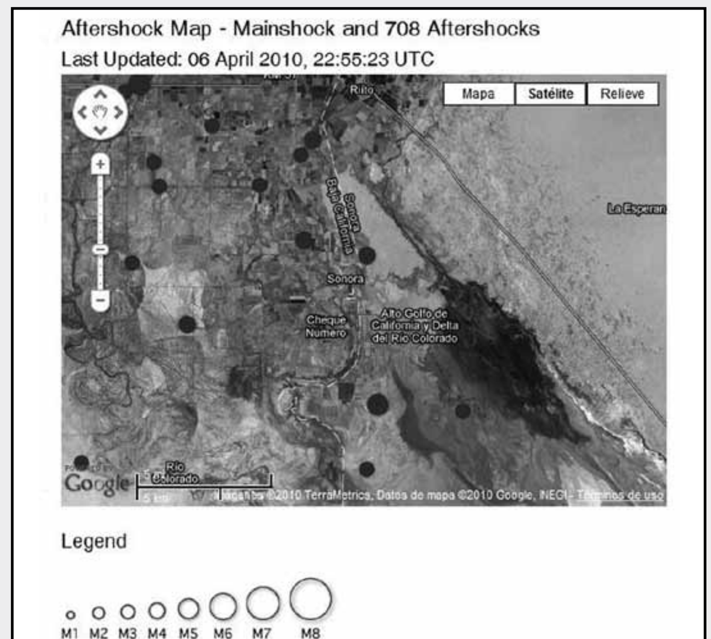


Figura 5. Mapa con la ubicación de epicentros de réplicas del sismo de El Mayor, de acuerdo al USGS (http://earthquake.usgs.gov/)

magnitud M 7.0 ó 7.1 ocurrió en la región en 1915, y otro más de magnitud entre M 7.0 y M 7.2 rompió la falla de Cerro Prieto en 1934, con varios metros de deslizamiento en superficie en algunos puntos (2).

En las proximidades del terremoto del 4 de Abril de 2010 hay varias fallas activas y por el momento no ha sido posible determinar en cuál de ellas ha tenido lugar el sismo. Una de las razones es que en esta región el fallamiento es complejo, debido a que tiene lugar la transición entre un régimen oceánico de dorsales y transformantes en el Golfo de California y un régimen continental transcurrente en la fosa de Salton (Salton Trough).

De acuerdo a Munguía y otros (2), sobre las zonas recubiertas con sedimentos las aceleraciones máximas del suelo producidas por el sismo variaron entre 145 y 799 gals ( ), mientras que en las zonas rocosas variaron entre 13 y 73 gals. Es decir la aceleración del suelo, en las zonas cubiertas por sedimentos, alcanzó entre 0.15 y casi 0.8 la de la gravedad (g), mientras que en las zonas sobre roca, la aceleración alcanzó solo 0.1 de ella. Se considera que es de peligro aceleraciones desde 0.15 g (5). Esto muestra la importancia del efecto de sitio sobre los daños que causó el sismo.

Las réplicas del sismo se han sentido de manera importante desde el 4 de Abril en una amplia zona, que incluye el área de estudio (figura 5), hubo diversas réplicas con epicentros cercanos al área de la Comunidad Luis Encinas y en la zona de Luis B. Sánchez y el Riíto.

EFECTOS Y DAÑOS

El Sismo de la sierra El Mayor provocó en la zona rural de San Luis Río Colorado diversos efectos y daños, entre los que se destacan: a) Formación de una importante cantidad de grietas sobre el terreno, de hasta 30 centímetros de ancho y hasta 500 metros de longitud. En general las grietas tienen una orientación de NE50 grados. Se identifico un patrón circular en el fracturamiento alrededor de la comunidad Ejidal Luis Encinas Johnson (Figuras 6a, 6b, 6c y 6d) b) El efecto de licuefacción es el más notable y con gran cantidad de manifestaciones en la zona, especialmente en forma de pequeños volcanes de arena, que alcanzan hasta 40 centímetros sobre el terreno (Figuras. 7a, 7b, 7c y 7d). En su gran mayoría, se observan alineados en fracturas de orientación NE50. El material eyectado está formado por arena lodosa y cantidades menores de arcilla oscura con micas. Este material no fue cortado en los pozos de muestreo de suelos. Asimismo, se observo salida de aguas subterráneas a lo largo de las fracturas. En la Figura 7d, se observa agua y arena aflorando sobre piso fracturado por el sismo al interior de una vivienda.

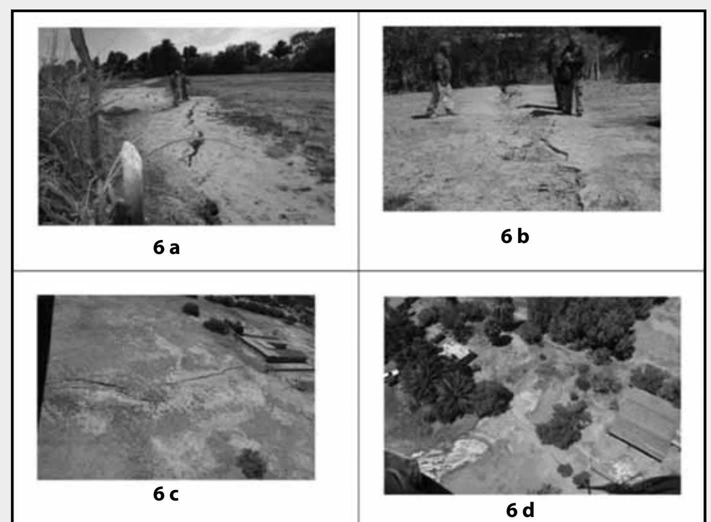


Figura 6. Comunidad Ejidal Luis Encinas Johnson. Formación de grietas abiertas en el terreno. Se presentan una importante cantidad de grietas sobre el terreno, algunas de hasta 30 centímetros de ancho y hasta 500 metros de longitud. En general las grietas tienen una orientación de NE50 grados. Aunque es posible establecer que alrededor de la comunidad existe un patrón circular de fracturamiento.

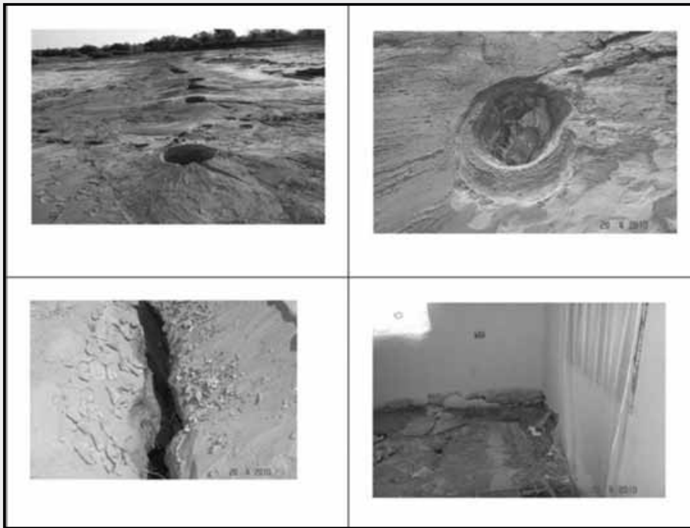


Figura 7. Licuefacción. Se observan una cantidad importante de evidencias de licuefacción, especialmente en forma de pequeños volcanes de arena, que alcanzan hasta 40 centímetros sobre el terreno. A menudo se observan alineados en fracturas de orientación NE50. El material eyectado está formado de arena lodosa y escasamente arcilla color oscuro con micas, no cortado en los pozos de muestreo de suelos. Asimismo es posible observar salida de aguas subterráneas a lo largo de fracturas. En la fotografía abajo a la derecha se observa donde el agua y arena afloraros sobre piso fracturado al interior de una vivienda.

Se observó una cantidad importante de daños a las estructuras (Figuras 8a, 8b, 8c y 8d). En general las construcciones de adobe se cayeron (Fig. 8d), mientras que las de block mostraron daños diversos, sobre todo al nivel de las dalas superiores. Por otro lado las esquinas resultaron fracturadas debido al tipo constructivo de block sin amarres de castillos en las esquinas. Se documentaron algunos daños en estructuras de concreto armado.

Se constató la continuación de los asentamientos de terreno posteriormente al sismo, entre ellas la aparición de nuevas fracturas y la continuación del asentamiento en las ya expuestas.

Aún cuando el USGS (4) establece una estimación de intensidad de Mercalli de VI para la zona de la Comunidad Luis Encinas, las evidencias sobre el terreno indican que la intensidad del sismo puede haber llegado a VII o VIII en la escala de Mercalli, esto debido a un efecto de sitio relacionado a: a) La ubicación de la Comunidad sobre una laguna deltaica, sobre sedimentos compuestos de arena fina y lodo, con escasas arcillas y b) El nivel somero de las aguas subterráneas.

CONCLUSIONES

Considerando la respuesta al sismo en la zona donde se encuentra asentada la Comunidad Ejidal Luis Encinas Johnson y la continuación de los efectos en días posteriores se recomienda la reubicación del poblado para evitar amenazas a los pobladores. Es necesario realizar en todo el Municipio de San Luis Río Colorado estudios más detallados de:

1. Microzonificación sísmica. Esto pudiera hacerse utilizando acelerógrafos portátiles para analizar el ruido ambiental y mediante el método de Nakamura realizar el mapeo de la respuesta sísmica y la zonificación de las zonas de alto riesgo.

2. El mapeo de las fracturas que surgieron durante el sismo y un análisis de su continuidad a profundidad. Este trabajo debe realizarse mediante la inspección de terreno y métodos geofísicos.

La existencia de fracturas abiertas en la zona agrícola y rural plantea un riesgo adicional: el agua de riego y subterránea pueden socavar las paredes de las fracturas y eventualmente provocar colapsos significando un riesgo para la población.

El Resultado de la microzonificación sísmica y la experiencia del sismo del 4 de Abril puede ser utilizado para generar un nuevo Reglamento de Construcción para San Luis Río Colorado y en otras ciudades de la región como Sonoyta y Puerto Peñasco, a fin de establecer los mecanismos constructivos adecuados para mitigar el riesgo sísmico de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martín Pacheco, Arturo Martín-Barajas, Wilfred Elders, Juan Manuel Espinosa Cardeña, Javier Helenes, and Alberto Segura (2006) Stratigraphy and structure of the Altar basin of NW Sonora: Implications for the history of the Colorado River delta and the Salton trough Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2006, v. 23, núm., 1, 2006, p. 1-22

2. Luis Munguía, Miguel Navarro, Tito Valdez y Manuel Luna (2010) Red de Acelerógrafos del Noroeste de México (RANM): Informe preliminar sobre la localización y registros de movimientos fuertes del sismo El Mayor-Cucapah (Mw 7.2) del 4 de Abril de 2010. Sismología de Movimientos Fuertes, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

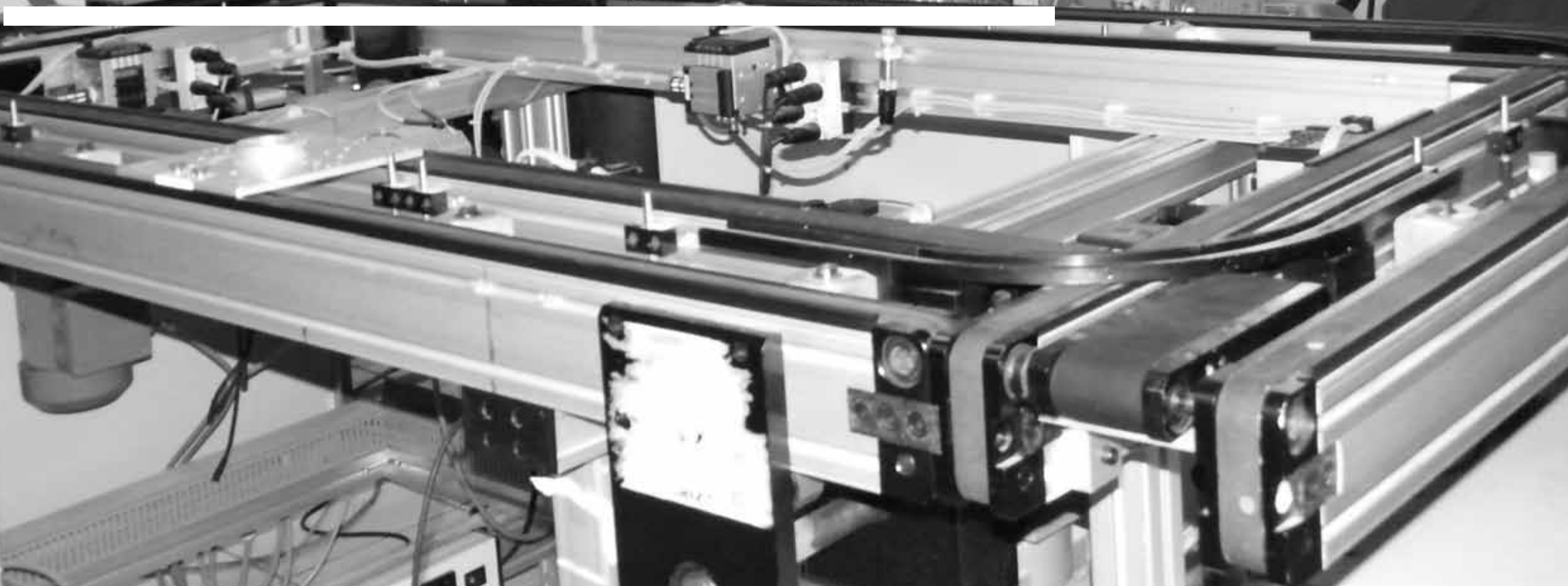
3. Universidad de Sonora, Departamento de Geología (2006) Informe del proyecto: Geohidrología y Balance de aguas subterráneas del acuífero Mesa Arenosa, San Luis Río Colorado, Sonora. Informe para Comisión Nacional del Agua.

4. Página Web: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/.

5. Olcina, Javier y Ayala C. A.- (2000) Riesgos Naturales, ed. PAIDOS, Barcelona. 1000p.



Figuras 8. Daños a estructuras. Se observó una cantidad importante de daños a las estructuras. En general las construcciones de adobe se cayeron, mientras que las de block mostraron diversos daños, sobre todo al nivel de las dalas superiores. Por otro lado las esquinas resultaron fracturadas debido al tipo constructivo de block sin amarres de castillos en las esquinas. Se documentó el daño en un castillo armado que se observa en la fotografía inferior izquierda.



GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO MANUFACTURERO EN PYMES DE HERMOSILLO, SONORA.

CARLOS CESAR MESINAS CORTES

Las empresas que desean seguir compitiendo, están obligadas a generar condiciones de sustentabilidad para crear valor para todos los involucrados en la organización. La aplicación del conocimiento y su expresión en aprendizaje organizacional ofrece un conjunto de soluciones para lograr esa sustentabilidad, estas son, medir el verdadero valor generado por la organización con la metodología de contabilidad de activos intangibles; realizar el cambio organizacional más adecuado para competir de acuerdo a un diseño organizacional de tipo evolucionista y gestionar el conocimiento con plataformas tecnológicas de tipo informático y de tipo humano.

M.C. CESAR MESINAS CORTES

Profesor-Investigador
División de Estudios de Posgrado e Investigación.
Instituto Tecnológico de Hermosillo, Sonora
Correo: cmesinas1776@hotmail.com

IDENTIFICACIÓN DEL VALOR DEL CONOCIMIENTO

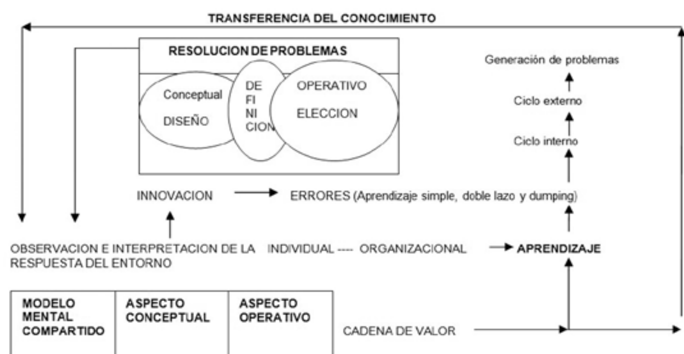
La evidencia empírica mundial indica que el valor contable neto del activo menos el pasivo nos indica un estado consolidado de la inversión más un remanente si lo hubiere, ese valor contable (tangible) representa el 25% del valor de una empresa, el otro porcentaje no se mide y el empresario no sabe por qué existe más valor, o por qué se está perdiendo valor y es que el otro 75% del valor lo genera los activos intangibles (10) y requiere de su contabilidad para comprender ¿cuánto vale una empresa? Y reconocer que los mayores valores surgen de la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos. En general, los activos intangibles son la expresión del nuevo enfoque que se le da a los cuatro factores de la producción, tierra, trabajo, capital y conocimiento (13).

EL NIVEL CONCEPTUAL.

Aprendizaje es la adquisición de un conocimiento o una habilidad, pero no es lo mismo aprendizaje que conocimiento, tampoco lo son datos, información y memoria, "…aprendemos y con ayuda de la información, adquirimos unos conocimientos que posteriormente quedan incorporados en nuestra memoria…" (12). Los datos son hechos sin contexto, la información son hechos en contexto, el conocimiento son hechos en diversos contextos, por ello, antes que nada, es conjetura y error, gracias a ello es posible el aprendizaje y la experiencia registrada en nuestra memoria y en nuestro cuerpo. Los conocimientos podemos implementarlos en la solución de un problema y, así, incrementar o mejorar nuestras capacidades. El conocimiento es el proceso humano de creencias, entendimientos, interpretaciones, significados y acciones (15). Acciones que son actitudes, aptitudes, competencias físicas, actitud cognitiva o intelectual (solución de problemas). A nivel de empresa existen dos fuentes del conocimiento, la fuente epistemológica proclamada por M. Polanyi (16) al diferenciar el conocimiento empleado en la empresa como explicito y tácito, el conocimiento explícito: es el conocimiento que una persona ya tiene y es fácil de trasmitir y entender. El conocimiento tácito: es el conocimiento que ya tiene una persona y que es difícil de trasmitir y entender. También se revela como un conocimiento subjetivo (15), las entidades con posibilidad de crear conocimientos, son dos, el aprendizaje individual y aprendizaje organizacional, éste último se verifica cuando en la organización se crea conocimientos, se disemina y se materializa en procesos, productos y servicios. ¿Cómo se aprende? La mayor parte de los estudiosos en el tema plantean que el sujeto que desea aprender se enfrenta a un objeto de conocimiento, después de un reconocimiento y de haber establecido ciertos juicios y reflexiones se identifica el aspecto central de todo conocimiento: el problema. Como el conocimiento es conjetura y error, el aspecto inicial del aprendizaje es saber si entiende el problema de conocimiento, si lo puede definir, posteriormente si sabe dar solución al problema. Argyris y Shoen (3) identifican dos momentos en el proceso de definición y solución de problemas, el primero llamado aprendizaje de ciclo interno (Single Loop Learning) caracterizado por actores que investigan obteniendo información al interior de la organización, ello les permite avanzar en el entendimiento y en las soluciones de los problemas, se corrigen errores, se agrega información a la planeación estratégica, el aprendizaje logrado modifica diversos comportamientos, la limitación más fuerte de este ciclo de aprendizaje es cuando la organización considera que las soluciones, identificadas en la empresa, son únicas y relevantes, omitiendo otros métodos diferentes de solución. El otro tipo de ciclo de aprendizaje es externo



(Double Loop Learning), esto es, el conocimiento logrado en la empresa se complementa con el que se consigue por fuera de ellas, adaptando experiencias de la competencia, ampliando las implicaciones de solución de problemas, este ejercicio permitiría saber si la empresa es líder en conocimientos y aprendizajes dentro del sector donde participa. Los autores manifiestan que este ciclo no le es fácil de practicar a los directivos o gerentes de empresas, primero porque sus decisiones son conservadoras y les es difícil hacer cambios porque temen a que todo escape a su control, se hacen cambios a medias y en el largo plazo se pagan las consecuencias, cuando todo escapa al control gerencial muchos de ellos no saben qué hacer. El problema de los individuos y de las organizaciones es que no se atreven a sistematizar el conocimiento. Un aspecto importante es el error como fuente de aprendizaje, los primeros en advertirlo fueron Argyris y Shoen (3) quienes ubicaron las correcciones de error en el ciclo interno de la organización, de esta forma los gerentes pueden lograr sus objetivos y planes, cuando las soluciones de los errores hacen que la organización cambie las normas, políticas, objetivos y planes es porque se transitó por el ciclo externo. Hodgson (10) actualiza ese análisis al plantear tres tipos de aprendizaje (lazo simple, lazo doble y lazo triple), cuando las empresas han pasado de cambios sustantivos en las normas, políticas y planeación estratégica hacia el cambio total de hábitos y rutinas organizacionales se ha lanzado a la organización hacia el liderazgo competitivo y a heredar a la siguiente generación de empresarios el hábito del cambio y evolución, estas serían las características fundamentales del tercer tipo de aprendizaje, obsérvese el esquema 1.



DISEÑO ORGANIZACIONAL DE EMPRESAS CON CAPACIDAD

EL CAMBIO ORGANIZACIONAL Y LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO (GC).

La Teoría de los recursos y capacidades y la Teoría Evolutiva adquieren mayor relevancia al haber identificado los recursos estratégicos que explican la competitividad de empresas y regiones: los recursos intangibles. Al respecto, la GC es "…gestión de contenidos y de flujo de trabajo para clasificar el conocimiento y canalizarlo hacia los trabajadores para su aprovechamiento… es localizar la información para lograr la colaboración organizacionalmente…" (4). Hoy en día, el éxito de la gestión de información, que se transforma en conocimiento y aprendizaje, está determinado por la implantación de Plataformas Tecnológicas centradas en las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (PTIC). Por donde se empieza es por desarrollar una memoria organizacional, una plataforma OMIS (Organizational Memory Information System). En ello están implicadas redes de protocolo de transmisión en protocolo de Internet (TCT/IP), el protocolo de trasmisión de hipertexto (HTTP) y el lenguaje de marcado extensible (XML), los contenidos de una OMIS se presentan en el esquema 2,

¿Cómo se relaciona una MO con una plataforma tecnológica de GC? Vanhanen, Lassenius y Rautiainen, (19), nos presentan cinco módulos integrales: una Intranet o Internet con un protocolo de trasmisión de hipertexto (HTTP 1.0 y protocolos de comunicación TCP/IP), se conforma de una base de datos o Servidor Métrico (MESS), es el componente principal, proporciona servicios de almacenamiento a los programas cliente, autorización de usuarios, búsqueda y manipulación de datos presentados en tablas, registra datos de control interno como datos caché, el módulo EDAM es una base de datos que es capaz de realizar cambios en datos opcionales, por ejemplo, limpieza y reformateo, duplica los datos para el servidor, crea tablas y derecho de acceso solo lee los datos nuevos o modificables, además, se ve reforzada con una biblioteca de programación para lenguaje C, el módulo de la aplicación consiste en realizar autenticaciones de usuario y control de acceso quienes puede manipular los metadatos, el módulo METO es una herramienta de diseño de medición, los usuarios son los diseñadores del sistema de medición, son utilizadas por todos los integrantes de la organización, VICA es el módulo cliente de visualización, el usuario puede crear sus propios diagramas, los diagramas de Gant presentan lo planificado frente a los resultados, por ejemplo, los detalles reales a nivel de tarea, visualización del valor generado, tiempos de trabajo, el esfuerzo diario empleado por un trabajador en la tarea y una estimación del área del esfuerzo necesario para acabar la tarea, hojas de seguimiento, tareas acabadas y atrasadas, obsérvese el esquema 3:

¿Cómo se debe medir el aprendizaje? Además de un balance visible existe uno invisible (intangible), de esta forma se procede a construir indicadores no financieros que permiten clasificar categorías de capital intelectual:

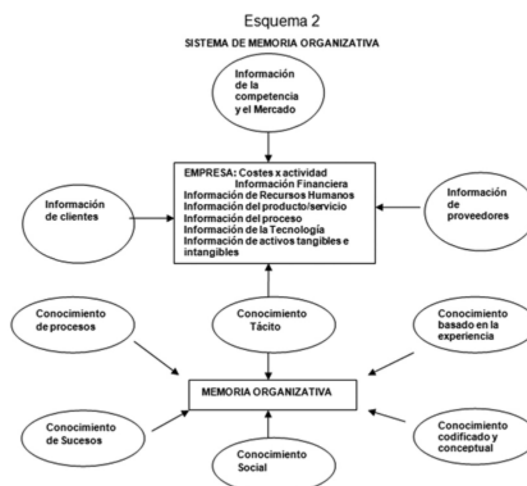
CI = CH+CPPS+CCo+CCm+CID, donde el CH es el capital humano, el CPPS es el capital de proceso, producto y servicio, el CCo es el capital comunicacional, el CCM el capital comercial y el CID el capital investigación y desarrollo. Cada capital se expresa en forma de inversión

monetaria absoluta y en forma de participación porcentual, por ejemplo, el capital organizacional CH = CH * i = 100 * .20 = 120, significa que se desembolsó 100 millones de pesos para fortalecer el CH, pero que en ese año o en un promedio de años el CH se incrementó en 20%. La variable absoluta CH representa el compromiso que asume la empresa con este tipo de capital, el coeficiente i significa el comportamiento y la eficiencia dedicada a ese tipo de capital (6).

LOS RESULTADOS EN LOS CASOS ESTUDIADOS.

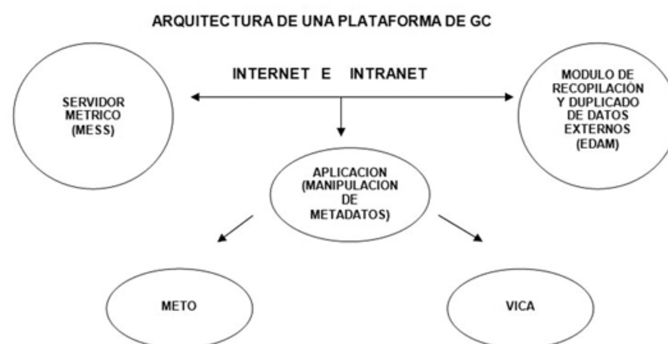
Todos los coeficientes de correlación son altamente significativos, sin embargo, la variable CCom tiene una correlación media y el CID sería el menos significativo en el momento de explicar el CI*. Los capitales más relevantes por orden de importancia son CPPS, CH y el CCo, éstos explican las fuentes principales de valor del CI*, representan las estrategias competitivas. Representan a la vez las estrategias (centrada en procesos y producto; en el desarrollo del capital humano y centrado en el desarrollo de proveedores y clientes). De esta forma al CCom lo han confinado a representar una importancia reducida, en tanto el CID escasamente está representado por tres empresas, es así porque la mayor parte de las empresas no invierten en este tipo de capital intangible, el desempeño de éstos últimos capitales representan las debilidades y puede convertirse en amenaza frente a competidores que, por efecto de investigación y desarrollo, ya están innovando, por ejemplo, omegas y fibras integrales como ingredientes en alimentos de alto valor agregado; En la metalmecánica el uso de materiales emergentes en aleaciones y polímeros para sustituir aluminio y acero, que permite materiales menos pesados, altamente resistentes al clima y a la colusión y de bajo costo. La influencia que tienen las variables independientes entre sí nos dice que el CH impacta en la valorización (valor agregado) de todos los capitales, con grandes posibilidades en el CCom, y en cierta forma con en el CID, esto es, la organización de los recursos humanos tiene como objetivo incrementar los clientes y mejorar la relación con los proveedores a partir de la mejora en el proceso y en el producto, con un respaldo relativo en la publicidad y los estudios de mercado, descuidando las posibilidades de incremento de valor empleando en el CID.

La ecuación del modelo CI = .151 + 1.495 + .912 - .379 + 10.536 + 3.182 nos indica que por cada peso invertido en CH esté aumentaría en 40%, por lo que se aconseja invertir en capacitación, selección de capital calificado y altamente calificado, así como en innovaciones organizacionales que permitan la mejora de la eficiencia de la empresa; el incremento en la inversión en CPPS incrementaría su valor, sin embargo, en comparación con otros capitales, parece ya saturado por lo que se aconseja una moderada



Fuente: Tomado de Lemken, Kahler y Rittenbruch, 2002 y adaptación propia en base a Alavi, Maryam y Leidner, Dorothy E, 2002

inversión para asegurar equipo, maquinaria y materias primas que estén alineados a una mejora en el diseño e implementación del proceso y del producto; el CCo es un capital relativamente saturado, no se recomienda incrementar la inversión ya que por cada peso invertido esté decrecería, se aconseja, con la inversión que ya se realiza, cambiar proveedores o seleccionar a los de mayor calidad, y sobre todo para realizar actividades de atención del cliente postventa e incrementar y seleccionar mejores clientes.



Fuente: Creación en base a Vanhanen, Lassenius y Rautiainen, 2002

La ecuación del modelo brinda en el CCom la posibilidad extraordinaria de incrementar las inversiones ya que por cada peso invertido, el valor de esté se puede multiplicar por más de 10 veces; aunque en menor medida, lo mismo ocurre en el CID pero el modelo invita al empresario a invertir en estos capitales para convertir las debilidades en oportunidades frente a la competencia. Incrementándose el valor de la empresa, de los accionistas, de los clientes, de los proveedores y de la sociedad. El cuadro 1 refleja una diferenciación gradual del avance de la tecnología en las empresas estudiadas.

¿Qué tan confiables son los resultados anteriores? En nuestro modelo de regresión múltiple se establecieron las

TIPOS DE PROCESOS PRODUCTIVOS DE LAS EMPRESAS ESTUDIADAS EN HERMOSILLO

TIPO	TIPO DE PROCESO	EMPRESAS ESTUDIADAS
A	PROCESOS CON AUTOMATIZACIÓN PROGRAMABLE	Proyecto y Manufactura Industrial (Promain); Gabinetes y Laminados (G y L); Procesos Automatizados de Manufactura, S. A (PROAMSA); Quesos Persa (QP)
B	PROCESOS MECANICOS ELECTRICOS Y SEMIAUTOMATIZADOS.	Trigos de México (Trimex); Molinera de Mexico (MM)
C	PROCESOS MECÁNICOS, ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS	Metroprecisión (MP); Carrocerías Kuzzy (KUZZY); Carrocerías Especiales (CE); Ductos y Aceros (DA); Galiza (Panadería); El Gran Milagro (Panadería)
D	PROCESOS MECÁNICOS, ELÉCTRICOS Y SERVICIOS DE ARRANQUE Y MONTAJE	Maquinados y Mantenimientos (MM)
E	PROCESOS ARTESANALES	Coyotas Doña María (CDM); Molienda Ruiz.

MODELO DE REGRESION MULTIPLE

Variable Dependiente: (BM – BC) = CI*
Año: 2007. Observaciones incluidas: 12

Modelo estimado:

$(VM - VC) = C_1^* (C_H * i_H) + C_2^* (C_P * imp) + C_3^* (C_C * iC) + C_4^* (C_M * imp) + C_5^* (C_{ID} * aid)$

Coeficientes de Correlación (Persson)

	CI	CH	CPPS	CCo	CCom	CID
CI	1.000	.969	.963	.946	.454	.023
CH	.969	1.000	.939	.924	.315	-.070
CPPS	.963	.939	1.000	.931	.300	-.071
CCo	.946	.924	.931	1.000	.476	-.122
CCom	.454	.315	.300	.476	1.000	-.050
CID	.023	-.070	-.071	-.122	-.050	1.000

$R = .99$ $R^2 = .99$ $F = 427$ $D\ 1.638 < d1 = 5$ Software: SPSS 17.0

siguientes hipótesis:

Hipótesis Nula = no existe correlación entre CI = C1* (CH * iH) + C2* (CP * iP) + C3* (CC * iC) + C4* (CM * iM) + C5* (CID * iID)

Hipótesis Alternativa = existe correlación entre CI = C1* (CH * iH) + C2* (CP * iP) + C3* (CC * iC) + C4* (CM * iM) + C5* (CID * iID)

El modelo de regresión múltiple estimado exhibió que todas las variables explicativas son individualmente significativas al 5%, con excepción del CID (.567). A pesar de esa limitación, conjuntamente si lo son, esto es, el modelo estudiado es consistente, ya que podemos rechazar la hipótesis nula de que todos sus coeficientes son simultáneamente iguales a cero, para ello contrastamos el estadístico F (427.126) y su porcentaje de significación, ello avala la existencia de significación en el conjunto de las variables con la probabilidad de equivocarnos del 0.0000%. El modelo tiene alta capacidad explicativa y es representativo, así lo confirman los valores probabilísticas de error y significancia. Con R = .99 y R2 = .99, obsérvese el cuadro 2, el cual incluye la correlación entre variables. Además, aunque el estadístico Durbin Watson (D) toma valores < 2, el valor de d1 es mayor, esto es, igual a 5, como estamos contrastado la hipótesis alternativa de autocorrelación positiva de primer orden, entonces se rechaza la hipótesis nula de incorrelación. ¿Qué tanto ha influido el capital no explicitado y el factor especulación en el CI*? El modelo utilizado es muy aceptable ya que el coeficiente de determinación (R2) ajustado es de 99.55%





INTANGIBLES	MDM	TRIMEX	QP	GALIZA	GM	CDM
CH*ih	11 * .0669	7 * .0681	4 * .0785	3 * .0676	3 * .0822	2 * .0788
C. HUMANO	**11,735**	**7,476**	**4,314**	**3,202**	**3,246**	**2,157**
CP*ip	20 * .0295	15 * .0295	10 * .0335	5 * .0305	3 * .0221	2 * .0221
C.P.P.S	**20,59**	**15,442**	**10,033**	**5,152**	**3,066**	**2,044**
CC*ic	5 * .0304	3 * .031	2 * .032	2 * .0307	1 * .030	1 * .0284
C. COMERCIAL	**5,152**	**3,093**	**2,064**	**2,061**	**1,03**	**1,028**
CM*im	.300 * .027	.200* .018	.100 * .024	.080 * .014	.050 * .008	.040 * .006
C. COMUNICACIONAL	**0,308**	**0,203**	**0,102**	**0,081**	**0,050**	**0,040**
CID*iid	.200 * .007	.250 * .016	.200 * .031	.150 * .021	.200 * .019	.020 * .010
C. INV. DES.	**0,201**	**0,254**	**0,206**	**0,153**	**0,203**	**0,020**
CI TOTAL	**37,987**	**26,469**	**16,720**	**10,650**	**7,597**	**5,290**
VC	45	35	25	20	15	8
VM	47	37	27	22	17	10
%vc	84.4	75.6	66.9	53.3	50.6	66.1
%vm	80.8	71.5	61.9	48.1	44.7	52.9

aceptable, lo cual demuestra que el capital no explicitado más el factor especulativo no son representativos, si ese coeficiente hubiera sido bajo indicaría lo contrario, esto es, que el CI* calculado no es confiable. Así el CI* es controlable. Los valores obtenidos por cada empresa se presentan en los cuadros siguientes, pero es importante señalar que esos datos no son reales ya que las empresas no desean publicitar esa información, esta presentación se hace para ofrecer las ventajas de realizar contabilidad de activos intangibles.

CONCLUSIONES

La contabilidad de activos intangibles así como la plataforma de GE corresponden a metodologías de estilo cuantitativo, se sugiere realizar investigación cualitativa a partir de entrevistas semiestructuradas a profundidad para complementar y validar los resultados. En las empresas estudiadas no se implementan plataformas de gestión del conocimiento, el empresariado aún no es consciente de ello a pesar de que en sus empresas se aplican y se generan importantes conocimientos, éstos deben ser formalizados y sistematizados en memorias organizacionales.

BIBLIOGRAFIA.

1. Alchian, Armen, 1950. "Uncertainty, Evolution, and Economic Theory", en Journal of Political Economy, 58, Junio.

2. Alavi, Maryam y Dorothy E. Leidner, 2002. "Sistemas de gestión del conocimiento: cuestiones, retos y beneficios", en Stuart Barnes, Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.

3. Argyris, C y D, Shoen, 1978. Organizational Learning: a Theory de Action Perspective. Reading, MA: Addison-Wesley. USA.

4. Barnes, Stuart, 2002 (compilador). Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.

5. Barney, J. B, 1991. "Firm resources and sustained competitive advantage", en Journal of Management, volume 17.

6. Edvinsson, l. y M. S Malone, 1999: El capital intelectual: cómo identificar y calcular el valor de los recursos intangibles de su empresa. Ed. Gestión, Barcelona, España.

7. Grant, R. M, 1991. "The resource based theory of competitive advantage: implication for strategic formulation", en California Management Review. vol. 33.

8. Grant, R. M, 1996. Dirección Estratégica: conceptos, teorías y aplicaciones. Civitas, Madrid.

9. Hodgson, Geoffrey M, 1997. "The ubiquity of habits and rules", en Cambridge Journal of Economics, Vol 21, n° 6, noviembre.

10. Kaplan, Roberts y David Norton, 2004. Mapas Estratégicos. Gestión 2000, España.

11. Lemken, Birgit, Helge Kahler y Markus Rittenbruch, 2002, "Gestión del conocimiento en las organizaciones virtuales: experiencias en Sigma", en Stuart Barnes. Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.

12. LLoria Aramburo, María Begoña, 2001, "Definiciones conceptuales entorno al aprendizaje, conocimiento, información y memoria". Universidad de Valencia, España.

13. Nelson R, Richard y Sydney G Winter, 1982. "The needs for an evolutionary theory" en Nelson R, Richard y Sydney G Winter: Evolutionary Theory of Economic Change. The Belknap Press, Harvard University Press.

14. Nevado, Domingo y Víctor López, 2002. El capital intelectual: valoración y medición. Prentice Hall, España.

15. Nonaka, I and H Takeuchi, 1995. "The knowledge creating company", USA, Oxford University Press.

16. Polanyi, M, 1948. Personal Knowledge. The University of Chicago, Press Chicago.

17. Teece, D, 1980. "Economies of scape and the scape of enterprise". Journal of Economic Behavior and Organization, Vol. 1.

18. Vanhanen, Jari, Casper Lassenius, y Kristian Rautiainen, 2002. "Combinación de los datos de fuentes existentes en las empresas: arquitectura y experiencias", en Stuart Barnes. Sistemas de Gestión del Conocimiento, Teoría y Práctica. Thomson, Madrid, España.



LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA AVANZAR HACIA LA SUSTENTABILIDAD EN LAS UNIVERSIDADES

JORGE LUIS TADDEI BRINGAS

Existen diversos caminos hacia la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior; la utilización de un Sistema de Gestión Ambiental permitiría estandarizar la manera en que lo hacen. El propósito de este trabajo es indagar en qué grado el esquema ISO 14001 contribuye para que las universidades avancen hacia la sustentabilidad y proponer las adecuaciones para incrementar su efectividad respecto a este objetivo.

Se utilizó la metodología de triangulación para comparar la revisión literaria con experiencias en algunas universidades que han trabajado con el esquema ISO 14001, así como con los resultados obtenidos en el estudio de caso relacionado con su implementación en la Universidad de Sonora.

DR. JORGE LUIS TADDEI BRINGAS
Departamento de ingeniería industrial
Correo: jtaddei@industrial.uson.mx

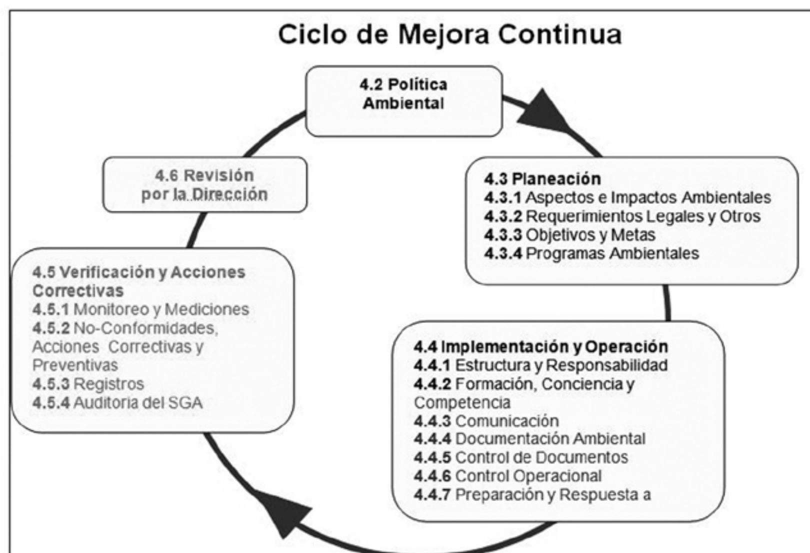
INTRODUCCIÓN

El Desarrollo Sustentable es una estrategia para el futuro de la humanidad que incide en todos los aspectos de la vida. Para las Instituciones de Educación Superior (IES) es esencial participar en ese nuevo paradigma. Ello tiene su fundamento en el artículo 36 de la agenda 21 y en otras declaraciones internacionales en las cuales se destaca el papel relevante de las IES para mejorar la conciencia por la sustentabilidad del planeta.

Para llevar a las IES hacia la sustentabilidad, existen diversas maneras entre las cuales sobresalen la realización de iniciativas aisladas y la implantación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). El objetivo del presente artículo es mostrar algunas cuestiones relevantes sobre la contribución del sistema basado en el esquema ISO 14001 con el tránsito hacia la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior.

En esta investigación se utilizó la metodología de triangulación de datos (1). Se contrastó la información obtenida de diversas fuentes literarias con las experiencias de universidades que han trabajado el esquema ISO 14001, y a su vez con los resultados que arrojó el estudio de caso de la implantación de dicho esquema en la Universidad de Sonora.

ISO 14001 especifica los requerimientos para un Sistema de Gestión Ambiental basado en el ciclo de mejora continua: Planear- Hacer - Verificar - Actuar. Para registrarse en ISO 14001 se requiere establecer y mantener al menos 16 requisitos, que se agrupan en cuatro categorías (2), como se muestra en el siguiente esquema.



Esquema ISO 14001. Adaptado de (3).

El ISO 14001 EN LAS UNIVERSIDADES

En el caso de las IES, no abunda la información respecto a la implementación del esquema ISO 14001, pero es posible conocer las experiencias en instituciones de todo el mundo a través de sus páginas web o de investigaciones relacionadas con el tema aun cuando son escasas y limitadas a pocos tópicos de la implantación. Lo anterior, junto con la revisión literaria, aportan elementos para tener una idea de la problemática que se vive al impulsar ese sistema de gestión en las universidades. Algunas cuestiones relevantes de esa problemática, se destacan a continuación:

En todos los casos analizados se considera que el SGA basado en el ISO 14001 coadyuva en el tránsito hacia la sustentabilidad, ya que se establecen líneas de responsabilidad y reportes para evaluar el desempeño ambiental mediante disposiciones basadas en el mejoramiento continuo de los procesos.

El análisis muestra diferentes motivaciones para iniciar con el proceso de acreditación o adecuación al esquema. La motivación externa, es la que todas las IES referidas tienen en consideración. El segundo lugar, como la motivación mas mencionada, lo ocupa la necesidad de la experiencia en la operación del SGA para que los futuros profesionales conozcan el SGA mas utilizado en las empresas.

Entre las barreras u obstáculos para buscar la certificación se menciona la natural reacción al cambio de profesores y estudiantes, así como las actitudes negativas de algunos miembros y sectores de la comunidad universitaria; también que el proceso de implantación lleva tiempo. Varios autores señalan que la orientación política conservadora, las inercias y las barreras burocráticas llevan a que se complique la implantación del esquema.

Si bien el análisis realizado sobre la implementación del ISO 14001 en las IES aclara algunas cuestiones, deja grandes vacíos sobre los cuales se necesita mayor conocimiento y profundización.

EL ESTUDIO DE CASO

La Universidad de Sonora (Uni-Son) es la mayor y más prestigiada institución de educación superior en ese estado del norte de México, cuenta con 29,792 estudiantes y 4,280 trabajadores, entre académicos y administrativos.

La división es la unidad general de organización en cada una de las Unidades Regionales; ésta es formada por departamentos los cuales constituyen la unidad

académica básica y cuya orientación fundamental es hacia la investigación en disciplinas específicas o en conjuntos homogéneos de éstas.

Los antecedentes

Desde los años 80´s en la Uni-Son se han realizado esfuerzos para ocuparse de cuestiones ambientales, pero siempre desde visiones disciplinarias o aisladas. En 1992 se empieza a trabajar con base en el concepto de sustentabilidad al crearse, en el Departamento de Ingeniería Industrial, el Grupo de Desarrollo Sustentable.

En 2003 el grupo propuso desarrollar en la Uni-Son un SGA basado en el esquema ISO 14001, como una parte de la estrategia encaminada a convertir a dicha institución en una Universidad Sustentable.

Mediante la metodología del estudio de caso (4) se le dio seguimiento al proyecto desde su inicio; para ello se utilizaron herramientas como la observación directa del proceso, el análisis documental, encuestas de seguimiento, auditorías al SGA y entrevistas con actores importantes.

El estudio de caso muestra que el proceso de implantación del esquema ISO 14001 en la Uni-Son ha tenido aspectos positivos y otros que pueden mejorarse. A continuación se abordan algunos de ellos.

La política

El proceso de definición de la política cumplió cabalmente con las cuestiones que se deben observar en la norma ISO 14001; sin embargo, no se hace explícita la coordinación con otras políticas de la organización, como lo señala la norma ISO 14004 (5). Asimismo, al analizar la política con los criterios más estrictos que sugiere Simkins (6) a partir de experiencias exitosas en universidades (Administración, Comunicación, Operación y Administración de instalaciones, personal y compromiso), le falta detallar cuestiones relevantes como hacer énfasis en los compromisos de los actores.

Planeación

Se estableció una metodología bien diseñada para definir los Aspectos Ambientales Significativos AAS: el grupo operativo analiza los elementos relacionados con las funciones sustantivas que dan lugar a un aspecto ambiental. Luego, para cada aspecto se agrupan los impactos correspondientes; se definen los criterios para evaluar su significancia y, con el consenso de los participantes, se jerarquizan de manera descendente dichos impactos.

Se instituyeron los siguientes programas con sus objetivos y metas: ahorro de energía, reducción del consumo de agua, gestión integral de residuos no peligrosos y el programa de gestión sustentable de sustancias químicas.

Implementación

La secuencia en la cual se fueron realizando las actividades, muestra que no siguieron necesariamente el orden que sugiere la norma. Destaca que la primera etapa llevada a cabo consistió en la definición de la estructura para el SGS y luego se hizo la planeación; ello tiene mucha lógica, ya que son los miembros de los comités los que llevan a cabo la fase de planeación.

Una vez que se dio el visto bueno de la rectoría se integró la estructura mediante la cual se dirige, capacita y orienta a los participantes. Esta se constituye por el Comité ejecutivo, integrado por los titulares de las dependencias y encabezado por el Secretario General Académico con lo cual se busca embonarlo con la estructura funcional; el Comité operativo, integrado por responsables directos de establecer los Programas; y los Subgrupos de Trabajo que son quienes realizan la parte operativa y ejecutora del proyecto.

Por las características organizacionales de la Uni-Son, donde la toma de decisiones es poco participativa y su orientación política es conservadora, resulta complicado impulsar proyectos institucionales desde espacios que no sean de dirección; en cambio, si se tiene el apoyo de la alta administración resulta más fácil que las propuestas permeen a todos los niveles. Por ello resulta correcta la estrategia que se siguió de convencer primero a los altos niveles directivos para que el proyecto descienda a la comunidad.

Al igual que en muchas IES, aquí se ha tratado de utilizar el campus como un laboratorio vivo con el fin de estudiar las cuestiones ambientales y concientizar a los futuros egresados para que en su desempeño profesional impulsen e incidan en cambios hacia la sustentabilidad. Con esto se pretende la integración de las funciones sustantivas en cuestiones ambientales sin limitarse sólo al campus, contemplando aspectos culturales y de actitud hacia el tema.

En las encuestas a estudiantes, más del 60% opinó que la cantidad de cursos que se ofrecen relacionados con la sustentabilidad es insuficiente. Los maestros, por su lado, mencionan que se imparten tópicos referidos a la globalización y desarrollo sustentable; políticas ambientales y administración; ISO 14000, producción más limpia, entre otros.

En la institución se realizan investigaciones relacionadas con el agua, aunque con enfoque disciplinario; sin embargo es de lamentarse que dichos tópicos no se citen como inmersos en el campo de la sustentabilidad. La gran mayoría de los maestros desconoce que haya un

esfuerzo institucional para integrar las disciplinas que se están ocupando de algunos tópicos de la sustentabilidad.

Con relación al grado en que se considera que las divisiones promueven la sustentabilidad tanto en la universidad como hacia la sociedad, las calificaciones muestran alto nivel de escepticismo, posición crítica o real desconocimiento de los maestros respecto a lo que se está haciendo por la sustentabilidad. Los alumnos, por su parte, reconocen la importancia de eventos como el "Día de la Tierra" como un elemento clave de la difusión de la sustentabilidad que va en crecimiento.

En las encuestas de seguimiento para evaluar el grado de conciencia, compromiso y participación, se detectó un mejoramiento continúo, de la conciencia que están tomando los estudiantes respecto a la importancia y los beneficios de la implementación del esquema ISO 14001. En el caso de los maestros se nota un crecimiento sostenido sobre el reconocimiento de la norma ISO 14001 y sus repercusiones.

Los estudiantes que opinan sobre las consecuencias del ISO, tienen claridad de que éstas son benéficas para la institución, en todos los sentidos. Lo preocupante es que el porcentaje de los que ignoran las repercusiones de la norma, aún cuando va reduciéndose de manera continua, sigue siendo grande.

La mayoría de los estudiantes percibe que la institución está comprometida con la sustentabilidad. Ello debido a que observan letreros de la política, coloridos depósitos de basura y promoción a la conservación de energía eléctrica , así como los jardines bien cuidados. Sobre su posible contribución para la certificación, la más mencionada es "apoyando a la universidad con el cuidado de los recursos"; en particular la energía eléctrica, con el apagado de focos y aparatos de refrigeración.

En lo que respecta a la participación de los profesores se debe mencionar que no resulta fácil involucrarlos en nuevos proyectos. Con los sistemas de estímulos la administración influye para que participen en los rubros que ella considera prioritarios. En nuestro caso, no se han formalizado indicaciones que busquen "motivar" a los profesores hacia la sustentabilidad.

Se carece de un esquema para que el sector estudiantil participe con motivación propia en las cuestiones de sustentabilidad. No hay organizaciones representativas de estudiantes; en general, los alumnos se involucran muy poco con la problemática de la comunidad universitaria o del campus. Su participación en el proyecto del ISO 14001 se da de manera individual, fundamentalmente por compromisos adquiridos en las materias que cursan.

Al preguntar a estudiantes y maestros acerca de si tienen conocimiento de que en la universidad se está implementando el ISO 14001, cada semestre crece la cantidad quienes están enterados del proyecto. No obstante el incremento es realmente pequeño.

Verificación y acciones correctivas

Se diseñó un sistema de auditoría con la participación de alumnos que están cursando las materias relacionadas con la sustentabilidad. La mayoría de las experiencias en universidades han realizado la auditoria interna con el apoyo de los estudiantes (7). Queda la duda sobre la efectividad de dicha estrategia, ya que, si la participación es en búsqueda de una calificación para aprobar una materia, podría prestarse a que se confundan los objetivos del proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El SGA basado en el ISO 14001 provee medios para transitar hacia la sustentabilidad en las universidades aun cuando requiere de algunas adaptaciones para mejorar su eficiencia y eficacia, ya que no presenta una manera directa para abordar la esencia de las funciones sustantivas en las IES.

Para enfrentar y modificar la reacción al cambio y escepticismo de maestros y alumnos, se deberá poner énfasis en el diseño de una estrategia que potencie la participación de la compleja comunidad universitaria en las tendencias favorables a la sustentabilidad.

La definición de la política ambiental es fundamental por lo cual se recomienda observar criterios estrictos en su formulación como los propuestos por Simkins (8), ya que contiene los detalles a observar en las universidades, como serían el promover cooperación con otras universidades y cuerpos externos, el Compromiso de emplear el personal necesario, que la política sea firmada por el rector y la dirigencia estudiantil con la fecha para revisarse, entre otros

Para evitar las diferentes definiciones e interpretaciones respecto a los impactos ambientales y sus aspectos asociados en las universidades, se sugiere establecer un catalogo para tratar de homogeneizarlos en la intención de poder realizar análisis comparativos de las implementaciones en distintas IES. Asimismo, se recomienda establecer claramente los indicadores de gestión para cada meta que se proponga.

La formación, toma de conciencia y competencias se convierte en un requisito de fundamental importancia ya que no solo debe capacitarse a los operadores del sistema de gestión, sino que se necesita influir en todos los miembros de la comunidad universitaria para que eleven su conciencia hacia la sustentabilidad. Se sugiere que se consideren las funciones sustantivas



y de apoyo de las IES: los cursos y/o los contenidos referidos a la sustentabilidad; la promoción de la investigación interdisciplinaria en tópicos relacionados, así como las actividades de difusión de lo que se está haciendo en la institución para influir a la comunidad circundante.

El SGA basado en el ISO 14001 tiene el potencial para mejorar la conciencia de los estudiantes sobre el Desarrollo Sustentable; sin embargo, es necesario establecer mecanismos de comunicación efectiva para que ese despertar de la conciencia sea mas generalizado, cual debe de ser en las universidades que tienen el objetivo de formar mejores hombres para enfrentar los retos del futuro.

Para involucrar a los estudiantes se debe considerar el tipo de organización que ellos tengan, su participación en proyectos relacionados con los AAS, y la realización de trabajos de las materias que cursan. De su lado, los maestros pueden ser motivados contemplando las actividades relacionadas con la sustentabilidad entre sus actividades y la evaluación del desempeño.

Debido a que se tienen múltiples instalaciones y con muy diversos usos, la auditoría interna requiere realizarse con el apoyo de los estudiantes; no obstante debe tenerse cuidado de que los resultados sean veraces, para lo cual se necesita ofrecerles mayor capacitación y homogenizar los mecanismos de control.

Para el proceso educativo, a diferencia de lo que sucede en la industria, las cuestiones intangibles adquieren mayor relevancia. Entre ellas se puede mencionar: incrementar la participación de estudiantes y maestros; elevar la conciencia sustentable de la comunidad universitaria; involucrar lo ambiental en las cuestiones académicas y lograr que los estudiantes se familiaricen con el SGA mas utilizado en las organizaciones; promover la investigación interdisciplinaria; mejorar la imagen institucional y la relación con la sociedad circundante del campus.

El SGA ISO 14001 resulta útil para que las IES transiten hacia la sustentabilidad. Se sugiere elaborar una propuesta de modelo para realizar las adecuaciones pertinentes al esquema ISO 14001 buscando incrementar la contribución del mismo en el camino de las Instituciones de Educación Superior hacia la sustentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cea D'anncona, Ma. Angeles, (1999),"Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social", Madrid, Síntesis.

2. Kinsella J. y A. D. McCully (2003) Handbook for Implementing an ISO 14001 Environmental Management System: A Practical Approach, Shaw Environmental, Inc.

3. ISO, (1996), The International Organization for Standardization. "ISO 14001 Environmental Management Systems-Specification with Guidance for Use."

4. YIN, R.K. (2003): "Case study research: design and methods" (3ª edición). Thousand Oaks, California:Sage Publications.

5. ISO 14004 (1996), Sistema de administración ambiental- Directrices generales sobre principios sistemas y técnicas de apoyo, norma mexicana IMNC; NMX SAA-002-IMNC-1999, México

6. Simkins, G. y A. Nolan, (2004) Environment al Management Systems in Universities, ocassionall Paper for the Environmental Association for Universities and Colleges March 2004 By Gareth © 2004 EAUC

7. Clarke, Amelia (2002), Campus environmental management system for the implementation of a university environmental policy: Delahousie University as a case study. thesis of master degree Halifax, Nova Scotia.

8.. Simkins, G. y A. Nolan, (2004) Environment al Management Systems in Universities, ocassionall Paper for the Environmental Association for Universities and Colleges March 2004 By Gareth © 2004 EAUC



POSIBLE ORÍGEN ASTRONÓMICO DE LAS UNIDADES DE LONGITUD DEL SISTEMA INGLÉS

RAÚL PÉREZ-ENRÍQUEZ

A partir del estudio del monumento conocido como Stonehenge, ubicado en Inglaterra, se definió el factor gnomónico. Este factor toma en cuenta las sombras producidas por un gnomon cuando el sol pasa por el meridiano del lugar (mediodía) en fechas específicas. Para el caso de Stonehenge, se consideran las fechas del Solsticio de Verano y del Solsticio de Invierno; las cuales determinan una longitud de gnomon de 2.44 metros (igual a 8 pies). En este trabajo, se propone establecer una relación entre ese gnomon y otras unidades de longitud del sistema inglés; específicamente, la pulgada y el pie. La propuesta se basa en el principio del "pinhole" (orificio puntual): la imagen del Sol producida por un orificio colocado en el extremo del gnomon en Stonehenge, tiene el tamaño de una pulgada si se observa en el Solsticio de Verano y de un pie si se mide durante un día cercano al Solsticio de Invierno.

Heráclito (535 AC, 484 AC)
(de AËTIUS, II, 21, 4)
[Acerca del tamaño del Sol]: el largo de un pie humano.

DR. RAÚL PÉREZ ENRÍQUEZ
Universidad de Sonora
Correo: rpereze@correo.fisica.uson.mx
Departamento de Física

Cuando se investiga sobre el origen del sistema inglés de unidades, siempre uno es remitido a las definiciones griegas y romanas de unidades de longitud [1]. Y de ellas, se prosigue a la definición antropométrica de las mismas: el pie del rey, o el pulgar para definir la pulgada en las culturas sumeria y mesopotámicas [2,3]. Sin embrago, estudios recientes de metrología [4] establecen que las medidas pudieron tener un origen diverso y fueron antropometrizadas, posteriormente, para facilitar su difusión y reproducción, características propias de los patrones de medida [5], Al leer la frase de Heráclito, epígrafe de este artículo, uno se pregunta ¿Qué fue primero, el tamaño del Sol o el pie humano? [6]

Hace uno años, quien esto escribe, reportó que al analizar las dimensiones del monumento de Stonehenge; en particular, las alturas de la Herradura de Trilitos, encontró que ellas determinan un calendario de tres estaciones. Asimismo, encontró que la unidad base de diseño es una altura de 2.44 metros (equivalente a 8 pies actuales) [7]. Los resultados de esa investigación se resumen en la Tabla 1; en ella, Tabla II de la referencia, aparece la medida del gnomon (Roca 11 o S11 de 2.44 m) junto con las alturas de varias partes de la estructura. Se observa una proporcionalidad casi exacta con el factor gnomónico.

Lo importante en este terreno, es que las fechas y alturas de los trilitos parecen estar relacionadas a través de una

Table II. Stonehenge Structures Heights Related to S11[1]

S11	NyD Shadow[2]	SS Shadow[2]	Δ
2.44	8.60	1.28	7.32

Structure[3]	Height	Ratio w/S11
Great Trilithon	7.32	3.00
Altar Stone	5.00	2.05
Sarsen Circle	4.88	2.00
Heel Stone	4.90	2.01

Notes: 1. Stone 11 in Sarsen Circle
2. Shadows at New Year and Summer
3. Solstice Structure of Stone element

cantidad denominada factor gnomónico que se obtiene al medir la diferencia entre las sombras de un gnomon (vara o roca vertical) observadas, al paso del Sol por el meridiano de Stonehenge, para dos fechas establecidas y su relación con la longitud del mismo gnomon que en este caso, es la roca 11 o S11 que forma parte del Círculo Sarsen:

$$f = \frac{(diferencia\ de\ sombras)}{(longitud\ del\ gnomon)} = \Delta / S11$$

El factor gnomónico correspondiente al Gran Trilito queda definido, por ejemplo, por la diferencia de sombras entre el solsticio de invierno y el solsticio de verano; el factor gnomónico es 3.2 , en este caso [7].

En el presente trabajo, se pretende mostrar la manera en que la definición del factor gnomónico para Stonehenge permite obtener las longitudes del pie y la pulgada del sistema inglés de unidades. Primero, se presentan el factor gnomónico y las ideas detrás de la formación de la imagen del Sol cuando su luz pasa por un orificio (pinhole); después, se analiza el tamaño de la imagen del Sol producida en una fecha determinada; finalmente, se presentan los cálculos de dichas imágenes para los solsticios anuales y para varias fechas en el pasado. En las Conclusiones sobre este estudio, se presentan a manera de propuestas algunas ideas y recomendaciones.

Factor gnomónico

Si bien la idea del factor gnomónico se encontró al investigar Stonehenge, indicios de su utilización como diferencia de sombras aparece reportada en China y, como se verá enseguida, usada en el diseño de un gnomon. Por otro lado, recientemente, Rubén Calvino, en un trabajo de sistematización intitulado "Introducción al factor gnomónico", retoma la idea de Pérez-Enríquez y amplía su análisis para hacerla utilizable [8].

La Figura 1 muestra un diagrama de un gnomon diseñado por Guo Shoujing (1231-1316) [9]; en él se pueden apreciar los elementos que definen el que hemos denominado factor gnomónico; a saber, las posiciones extremas del Sol en el cielo; la altura del gnomon y la diferencia de sombras

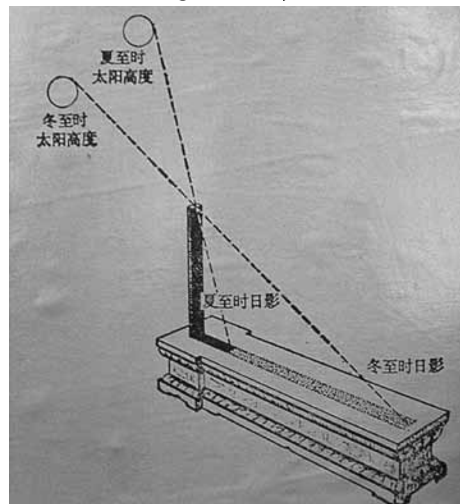


Figura 1. Diagrama del gnomon de la Dinastía Yuan (1279-1368)

del gnomon producidas en esas fechas. Un detalle del gnomon, construido durante la Dinastía Ming (ver Figura 2) en base al diseño de Shoujing, muestra que la zona entre sombras está graduada.



Figura 2. Acercamiento que muestra la zona entre sombras con graduación (foto de Marilyn Shea, 2007).

En consecuencia, podemos afirmar que el factor gnomónico pudo ser utilizado en la antigüedad y de hecho, ha permitido estudiar sitios de interés en aspectos cuantitativos de diversas culturas. Efectivamente, Pérez-Enríquez y Calvino han utilizado este concepto para proponer: la interpretación del calendario maya de 260 días [10], el primero; y en un estudio acerca de la Yupana Calendárica Sudamericana [11], el segundo.



Figura 3. Fotografía del Sol bajo un árbol pequeño; se pueden ver las imágenes circulares debido al paso de la luz a través del follaje

LA FORMACIÓN DE LA IMAGEN

Si bien, el principio de operación de la cámara obscura (imagen a través de un pinhole) fue descrito y explicado con detalle hasta mediados del siglo XVII con los trabajos de Giabaptista della Porta, su existencia se remonta a tiempos tan remotos como el siglo V AC con el filósofo Mo Jing quien ya menciona la teoría de una “imagen que se forma a través de un pequeño orificio”. En Occidente, Aristóteles primero (384 AC-322 AC) y más tarde Euclides (ca. 325 - ca. 265 AC) hacen observaciones sobre la imagen circular del Sol cuando su luz pasa por un orificio cuadrado y del viaje rectilíneo de la luz, respectivamente.

Estos son algunos de los antecedentes en el terreno conceptual propiamente dicho. Sin embargo, en el terreno práctico, se puede afirmar que debe haber habido antecedentes pues la observación de los Eclipses a través del follaje de los árboles no requiere de mayor dificultad; en la Figura 3, se muestra la luz del Sol que pasa entre las ramas de un árbol y en ella, se pueden apreciar las imágenes circulares. Si a ello, agregamos que Apolodoro nos dice que Tales de Mileto predijo un eclipse de Sol que obscureció Grecia y parte de Egipto, en el año 585 AC [12], tendremos elementos para establecer la posibilidad de la observación del Sol mediante un pinhole en la antigüedad.

TAMAÑO DEL SOL

Dando por sentada la posibilidad de observación de la imagen del Sol cuando su luz pasa por un orificio, podemos establecer que el tamaño aparente de dicha imagen va a cambiar a medida de que el Sol evoluciona en el cielo a lo largo del año. Así, al paso del Sol por el meridiano del lugar en que estemos observando, la imagen del verano será mucho menor que la del invierno, cuando en el hemisferio Norte el Sol está más bajo. La manera en que podemos estimar el tamaño de la imagen del Sol es como se muestra en la Figura 4. Suponiendo que la luz incide en un orificio en el extremo de un gnomon (g), la imagen tendrá la forma de una elipse cuyo eje mayor será la suma de las dos secciones i1 e i2, de la figura. En la Figura 5, se muestra un simulacro de esta observación; en ella, se utilizó una cartulina negra con un orificio (gnomon) y la imagen del Sol se proyectó sobre una cartulina blanca.

Por otro lado, el ángulo que subtiende el cono de luz, θ2, se puede determinar a partir de consideraciones geométricas entre la distancia al Sol. No queremos decir que en la antigüedad los habitantes de Stonehenge hayan conocido estas dimensiones. Lo que queremos decir, es que con la ayuda de la información que actualmente manejamos, podemos estimar en buena medida las dimensiones observadas en el pasado.

Veamos la manera en que podemos realizar estos cálculos:

a) Eje mayor. El eje mayor de la elipse imagen del Sol al pasar por un “pinhole” colocado en el extremo

$$i = i_1 + i_2$$

del gnomon se obtiene de mismas que se pueden obtener a partir del uso de la ley de los senos de los triángulos correspondientes según se ve en la Figura 4.

b) Los lados. Los dos ángulos conocidos son y que son: la elevación del Sol sobre el horizonte a su paso por el meridiano de Stonehenge; y, el ángulo

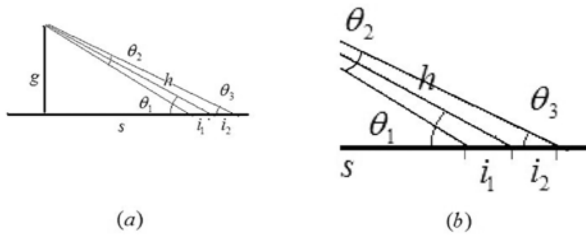


FIgura 4. Formación de la imagen del Sol al pasar por un orificio (“pinhole”) en el extremo superior de un gnomon de altura g. (a) diagrama en donde se muestran la longitud de la sombra del gnomon (s) y la distancia h; además de los tres ángulos de interés; (b) detalle de la formación de la imagen del Sol, la suma de i_1 e i_2 da el eje mayor de la elipse.

aparente del tamaño del Sol debido a su diámetro y distancia a la Tierra como se ilustra en la Figura 4; pueden ser obtenidos aplicando la ley de los senos al primer triángulo para llegar a

$$\frac{i_1}{\sin\left(\frac{\theta_2}{2}\right)} = \frac{h}{\sin\left(180-\theta_1-\frac{\theta_2}{2}\right)}$$

$$i_1 = \frac{\sin\left(\frac{\theta_2}{2}\right)}{\sin\left(180-\theta_1-\frac{\theta_2}{2}\right)}h$$

Similarmente, para el segundo triángulo obtenemos

$$\frac{i_2}{\sin\left(\frac{\theta_2}{2}\right)} = \frac{h}{\sin(\theta_3)} = \frac{h}{\sin\left(\theta_1-\frac{\theta_2}{2}\right)} \quad \therefore$$

$$i_2 = \frac{\sin\left(\frac{\theta_2}{2}\right)}{\sin\left(\theta_1-\frac{\theta_2}{2}\right)}h$$



Figura 5. Fotografía de un simulacro de observación realizado en la actualidad. Se ha resaltado los rayos del Sol y su imagen para mayor claridad. En recuadro, se aprecia el pinhole y la imagen resaltada.

c) El ángulo solar. Como decíamos, el ángulo se puede calcular a partir del diámetro solar D, la distancia al Sol L (ver Figura 6)

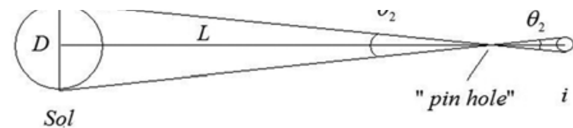


Figura 6. Diagrama no a escala del Sol y su imagen (i) utilizada para calcular .

A partir del triángulo rectángulo que forman L y D/2 obtenemos que

Ecuación 5 .

$$\frac{\theta_2}{2} = \tan^{-1}\left(\frac{D/2}{L}\right)$$

Será con la ayuda de estas expresiones y de los datos sobre la posición del Sol a su paso por el meridiano de Stonehenge en las fechas de los solsticios de verano e invierno que podremos obtener los tamaños de las imágenes del Sol correspondiente. Los datos de distancia de la Tierra al Sol y Altura del Sol sobre el horizonte en las fechas especificadas fueron obtenidas por medio de un programa de ubicación del Sol de la NOAA [13] en combinación con un programa de de observación solar: Solar System Live de John Walker [14]. Estos programas están basados en los algoritmos astronómicos de Jean Meeus [15].

IMÁGENES EN STONEHENGE

En esta sección, presentamos los tamaños de las imágenes del Sol medidas sobre el plano perpendicular al gnomon; en la punta del cual se ha colocado un orificio o



pinhole. En la Tabla 2, se muestra que la imagen proyectada del Sol en verano en Stonehenge es de 2.83 cm para 1800 AC; la imagen directa es de alrededor de 2.52 cm. Como lo muestra la novena columna de la tabla, el error de esta medición al compararla con 2.54 cm, es de menos del 1%.

Por otro lado, en la Tabla 3, se muestran las dimensiones de la imagen durante el solsticio de invierno: 34.52 cm para el año de 1800 AC que implica un error de 13% al compararla con 30.5 cm. Si bien el tamaño sigue estando del orden de los 30 cm, el error se va demasiado grande. Es por ello, que hemos introducido una Tabla 4, en la cual mostramos los cálculos de las dimensiones de las imágenes en fechas diferentes: el solsticio de verano (SV) y el día gnomónico (Dg).

Los datos obtenidos de esta manera y considerando las imágenes producidas por un pinhole son: 2.52 cm con error de 0.86% y 30.67 cm con error de 0.62%. Ambos resultados nos permiten considerar como viable la proposición formulada a lo largo de este trabajo indicando como posible origen de las unidades inglesas de longitud las imágenes del Sol observadas en Stonehenge durante dos fechas relevantes del año.

Como se puede apreciar de la Tabla 4, las dos fechas relevantes son: el Día gnomónico (Dg) y el día del Solsticio de Verano (SV). Hemos designado al Día gnomónico a la fecha del 20 de julio de 1801 AC pues en esa fecha, factor gnomónico de la Ecuación 1 (la razón entre la diferencia de sombras y la longitud del gnomon) fue precisamente 3.0. Así, las imágenes del Sol en estas fechas difieren de los valores esperados en menos del 1% como lo indica la última columna de esa tabla.

CONCLUSIONES

El sitio donde se construyó Stonehenge, aparentemente, fue seleccionado por varias razones; entre ellas, podemos destacar el hecho de que proporciona una división del año en tres estaciones [8]. Además, como se desprende del análisis de las imágenes del Sol producidas por un orificio o pinhole, su ubicación geográfica es tal que permite proponer que las unidades de longitud del sistema inglés (la pulgada y el pie) pudieron haberse definido astronómicamente; esto es, a partir de la observación del Sol en dos fechas relevantes del año: el Solsticio de Verano y un día cercano al Solsticio de Invierno, respectivamente:

Tabla 2. Imagen del Sol en el Solsticio de Verano[1,2]

gnomon =	2.44				pulgada=	0.0254			
Año	L[3]	θ_1	$\theta_2/2$	Im[4]	i_1	i_2	i	%Err_1[5]	%Err_2[6]
2010 DC	1.524	62.26	0.262	0.0252	0.0142	0.0143	0.0284	0.93	11.94
2000 DC	1.524	62.26	0.262	0.0252	0.0142	0.0143	0.0284	0.93	11.94
1500 DC	1.526	62.33	0.261	0.0251	0.0142	0.0142	0.0284	1.09	11.69
1500 AC	1.518	62.69	0.263	0.0252	0.0141	0.0142	0.0283	0.92	11.51
1800 AC	1.517	62.72	0.263	0.0252	0.0141	0.0142	0.0283	0.86	11.55
2000 AC	1.515	62.75	0.263	0.0252	0.0141	0.0142	0.0283	0.78	11.61

1 Sitio: Lat. 51°10'43" N Lon. 1°49'33" W (Stonehenge, Inglaterra)
2 Unidades: ángulos en grados; longitudes en metros.
3 Multiplicar por 10^{11}
4 Imagen directa del sol.
5 Error de imagen directa respecto de 0.0254
6 Error de imagen proyectada respecto de 0.0254

Tabla 3. Imagen del Sol en el Solsticio de Invierno[1,2]

gnomon =	2.44			pie=	0.305			
Año	L[3]	θ_1	$\theta_2/2$	Im[4]	i_1	i_2	i	%Err[5]
2010 DC	1.476	15.385	0.270	0.0867	0.1606	0.1662	0.3268	7.22
2000 DC	1.476	15.383	0.270	0.0867	0.1606	0.1662	0.3269	7.25
1500 DC	1.475	15.317	0.270	0.0871	0.1621	0.1678	0.3300	8.26
1500 AC	1.482	14.954	0.269	0.0888	0.1690	0.1751	0.3441	12.88
1800 AC	1.484	14.921	0.269	0.0889	0.1696	0.1756	0.3452	13.26
2000 AC	1.484	14.899	0.269	0.0890	0.1701	0.1762	0.3462	13.58

1 Sitio: Lat. 51°10'43" N Lon. 1°49'33" W (Stonehenge, Inglaterra)
2 Unidades: ángulos en grados; longitudes en metros.
3 Multiplicar por 10^{11}
4 Imagen directa del sol.
5 Error de imagen proyectada respecto de 0.3048

Tabla 4. Imágenes del Sol para el año 1800 AC[1,2]

Gnomon[3] = 2.44				pie= 0.3048		pulgada= 0.0254		
Día	L[4]	θ_1	$\theta_2/2$	Im[5]	i_1	i_2	i	%Err[6]
Dg[7]	1.490	15.82	0.268	0.0836	0.1508	0.1559	0.3067	0.62
SV[8]	1.517	62.72	0.263	0.0252	0.0141	0.0142	0.0283	0.86

1 Sitio: Lat. 51°10'43" N Lon. 1°49'33" W (Stonehenge, Inglaterra)
2 Unidades: ángulos en grados; longitudes en metros.
3 Gnomon solo 7 veces el pie.
4 Multiplicar por 10^{11}
5 Imagen directa del sol.
6 Error de imagen óptima (i o Im) respecto 0.3048 y 0.0254, respectivamente.
7 Dg – Día gnomónico (ver texto)
8 SV – Solsticio de verano

la primera, de 2.52 cm, por la imagen directa del Sol cuando la luz pasó por un orificio colocado en el extremo de un gnomon de 2.44 metros de altura (8 pies actuales), hace unos 38 siglos; mientras la segunda, de 30.67 cm, por la imagen del Sol proyectada sobre el piso en un día en que el factor gnomónico es 3.0. A la luz de este hallazgo, la frase del epígrafe de este artículo, atribuida a Heráclito [7], no puede sino ser interpretada como referida a la longitud de la imagen del Sol proyectada sobre una superficie; ésta tiene la longitud de un pie humano, entenderíamos. Muy probablemente, los antiguos habitantes de Stonehenge, al igual que Heráclito en Éfeso muchos años después, hayan observado este fenómeno y partir de ahí, hayan definido sus unidades de medida. Nuestros cálculos permiten proponer este origen para las unidades de medida que difieren en menos del 1% de las actuales. La idea del uso de un gnomon instrumentado para la definición y que su posterior antropometrización por la necesidad de su difusión, da pie a establecer el origen de la Metrología en este tipo de observaciones y hace necesario revisar las unidades de longitud de otros sitios arqueo-astronómicos (en particular del Pie de Gudea) para verificar su posible uso generalizado. Asimismo, esta propuesta explicaría la gran diversidad de medidas del pie: las condiciones de observación del Sol (gnomon, latitud, longitud) y la idea subyacente del uso del factor gnomónico podría haberse originado culturas tales como la mesopotámica y la egipcia para llegar a Grecia posteriormente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Departamento de Física de la Universidad de Sonora, por el apoyo recibido durante la realización de esta investigación. Asimismo, agradezco al Dr. Julio Montané las orientaciones y discusiones sobre las medidas antiguas.

BIBLIOGRAFÍA

1.Stecchini, L.C. (2010) A History of Measures. (http://www.metrum.org/measures/index.htm)

2. Wikipedia, Enciclopedia Libre (2010) (http://es.wikipedia.org/wiki/Pie_%28unidad%29)

3. Puente León, F.(2006) El Pie de Gudea, Nacimiento de la Metrología. Ciencias 081, pp. 68-71

4. Severino, N. (2003) Breve Historia de la Gnomónica. Carpe Diem 6, p. 1-5

5. Resnick, R., Halliday, D., Krane, K.S. (2008) Física vol. 1. p. 1-2.

6. Mondolfo, R. (1966) Heráclito: Textos y Problemas de su Interpretación. Siglo XXI Ed. p.31

7. Pérez-Enríquez, R. (2002) Interpretazione del Ferro di Cavallo di Triliti di Stonehenge per mezzo di un metodo gnomónico. Gnomonica Italiana 2, p. 36-40

8. Calvino, R. (2007) Introducción al Factor Gnomónico.

9. Shea, M. (2007) Chinese Astronomy. http://hua.umf.maine.edu/China/beijing2.html

10. Pérez Enríquez, R. (2001) Uso del gnomon para una posible interpretación del año de 260 días. V Congreso Internacional de Mayistas. (http://didactica.fisica.uson.mx/~rpereze/Textos/Gnomon260M.pdf)

11. Calvino, R. (2009) Civilización Gnomónica: entorno al posible origen de la Yupana. (http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/civilizacion-gnomonica-torno-origen-yupana/civilizacion-gnomonica-torno-origen-yupana.pdf)

12. Díaz Gómez, J.L. (2002) Tales de Mileto, Apuntes De Historia De Las Matemáticas v. 1, no. 1, p. 13-18

13. NOAA's Global Monitoring Division (2010) NOAA Solar Calculator. (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/)

14. Walker, J. (2010) Solar System Live. (http://www.fourmilab.ch/solar/)

15.Meeus, J. (1991) Astronomical Algorithms. William Bell Inc.



OBESIDAD: UN GRAN PESO PARA SONORA

OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ, CLAUDIA ANAYA BARRAGÁN

El contenido del artículo es una reflexión acerca de la enfermedad epidémica no trasmisible más grande del mundo, la obesidad. Esta tiene graves consecuencias para la salud y es un importante factor de riesgo de enfermedades crónicas no trasmisibles al que se enfrenta la población sonorense. La falta de actividad física, la constitución genética y el comer en exceso son factores que hacen que se pierda el balance entre el consumo de calorías y el gasto de energía, haciendo que se aumente de peso desproporcionalmente. Es de suma importancia resolver este problema a través de programas de prevención primaria a la salud que ofrezcan recomendaciones para evitar su aparición…¿Debemos sentirnos orgullosos los sonorenses de estar dentro de los de mayor peso en el país?

M.C. OLGA BARRAGÁN HERNÁNDEZ
Maestra en Ciencias del Departamento de Enfermería.
Universidad de Sonora.
Correo: barragan@enfermeria.uson.mx

Q.B. CLAUDIA ANAYA BARRAGÁN
Estudiante del Programa de Maestría de Ciencias de la salud.
Universidad de Sonora. Correo: klau_anaya@hotmail.com

ANTECEDENTES EPIDEMIOLÓGICOS

La obesidad es considerada en los últimos años un problema de proporciones epidemiológicas muy altas tanto en adultos como en niños a nivel mundial. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), señaló recientemente que México encabeza la lista de países con obesidad superando por primera vez a Estados Unidos. (1) Una situación emergente que afecta a toda la población sin distinción de sexo ni grupos sociales, su prevalencia ha aumentado considerablemente. Este incremento se debe al cambio socio demográfico que ha sufrido la región de Latinoamérica, el cual muestra un acelerado aumento en la urbanización, cambios en la tecnología para la producción de bienes y servicios, así como los actuales estilos de recreación, lo que ha traído como consecuencia modificación en los estilos de vida de la población, específicamente lo referente al incremento de la ingesta calórica en la alimentación y al sedentarismo o inactividad física, entre otros. (2)

En México la prevalencia de obesidad en adultos (mayores de 20 años) según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, 2006, es de 69.8% mientras que en Sonora es de 73.2%.; en cuanto al grupo de adolescentes a nivel estatal se presenta en un 33.4%, superando la media nacional que es de 31.2%; en relación a los escolares (de 5 a 11 años) la media nacional es de 26.3 % mientras que a nivel local es de 30.7 % que es la prevalencia sumada de sobrepeso más obesidad; respecto al grupo de preescolares (menores de 5 años) el 5.3% son afectados por la obesidad, mientras que en Sonora en este grupo los afectados son el 8%. Existen informes que muestran que el comportamiento de la obesidad por sexo es mayor en mujeres que en hombres tanto a nivel nacional como estatal. (3)



Los datos anteriores evidencian que la prevalencia de sobrepeso y obesidad a nivel estatal alcanza niveles por encima de la media nacional en los diversos grupos de edad, significa que alrededor de un tercio de los niños en edad escolar y del grupo de adolescentes están siendo afectados por esta enfermedad crónica. En el caso de los adultos casi 7 de cada 10 presentan exceso de peso. La población afectada por esta enfermedad presenta un alto riesgo de sufrir trastornos de salud a lo largo de su ciclo vital, riesgos que se duplican en los individuos que tuvieron exceso de peso en la niñez y más aún si este se mantuvo durante la adolescencia, pues existe evidencia de que entre más temprana aparezca la obesidad en la niñez, existe mayor riesgo de padecerla durante la edad adulta.

¿QUÉ ES LA OBESIDAD?

Desde el punto de vista teórico la obesidad se define como el incremento del peso corporal a expensas preferentemente del aumento del tejido adiposo(5), así mismo es considerada una alteración en el equilibrio entre la ingestión de calorías y el gasto energético, lo que muestra que la población en general esta haciendo un consumo excesivo de carbohidratos y grasas, independientemente de la distribución de los aportadores, las cantidades son decisivas, al final las calorías totales consumidas son las que determinan.

FACTORES IMPLICADOS EN EL DESARROLLO DE OBESIDAD

En cuanto a los factores genéticos, está documentado que existe un nivel moderado de heredabilidad de la obesidad, se sabe que esta aparece cuando en una persona con una cierta predisposición genética coinciden factores ambientales (estilo de vida), lo que significa que la genética proporciona la capacidad de ser obeso y el ambiente determina cuando aparece y en que medida. (6)

El estilo de vida (alimentación) de la población sonorense se caracteriza por dos patrones de consumo: uno que reclama la tradición y que tiene como común denominador un alto contenido de proteína animal y grasas saturadas (como la carne asada y la comida típica mexicana); y otro que reclama la modernidad (comida rápida), ambos patrones, reflejan decisiones de consumo que alteran la situación nutricia de los sonorenses asociada al desequilibrio en el consumo de proteínas, grasas, hidratos de carbono, vitaminas y minerales, que implica riesgos a la salud, que se traducen en enfermedades crónicas no transmisibles como el sobrepeso y la obesidad, entre otros(7)

ANTE ESTA ALARMANTE PROBLEMÁTICA DE SALUD, NOS PREGUNTAMOS: ¿QUÉ COMEN POR LO REGULAR LOS SONORENSES?

Dentro del estilo de vida de la población sonorense los hábitos alimenticios están estrechamente ligados a la aparición



del sobrepeso y la obesidad, por lo que resulta interesante conocer la dieta que consume la población en sonora, encontramos que está conformada con un alto contenido de carne y otros productos cárnicos, derivados principalmente del ganado vacuno, no faltan las tortillas de harina o maíz, frijol refrito, la sopa de pasta, tamales, menudo, gallina pinta, caldo de queso, tacos de carne asada, pozole, cocido, la carne con chile coyotas, entre otros; todos estos se preparan con un alto contenido de grasa. (8,9) Patrón alimenticio que de acuerdo a los expertos presenta un alto contenido de grasas saturadas (grasas malas) y de carbohidratos (azucares refinados), así mismo existe un pobre consumo de frutas y verduras, alimentos aportadores de fibra, vitaminas y minerales necesarios para cubrir los requerimientos diarios.

Es de suma importancia prestar atención inmediata al problema de sobrepeso y obesidad que presentan los sonorenses, consecuencia de hábitos alimenticios deficientes, falta de ejercicio físico entre otros factores, y que si no es tratado oportunamente puede causar enfermedades crónicas no trasmisibles como: diabetes, enfermedades cardiovasculares y cerebovasculares e incluso la muerte a temprana edad, su presencia puede ocasionar el aumento de la morbilidad (capacidad para enfermar) y mortalidad tanto en la infancia como en la edad adulta, la limitación de las actividades físicas y de ocio, así como disminución de la autoestima. (10)

RECOMENDACIONES PARA PREVENIR EL SOBREPESO Y LA OBESIDAD

Actualmente la sociedad sonorense muestra un creciente interés por temas relacionados con la alimentación y la salud, sin embargo, este interés se ha visto afectado por un bombardeo de recomendaciones y dietas mágicas alejadas de todo conocimiento científico, que lejos de ayudar a resolver el problema, dificultan la intervención de especialistas. (11)

Una vez que la obesidad aparece, el tratamiento no es fácil, su éxito es relativamente bajo, por lo tanto la aplicación de medidas preventivas es fundamental para evitar que el sobrepeso o la obesidad aparezcan desde la infancia (12). La prevención primaria es una estrategia eficaz para conseguir disminuir la prevalencia de esta enfermedad y que consiste no solo en identificar el problema y los factores que lo determinan (causas), sino en el uso de técnicas de persuasión para la modificación de estilos de vida; que compitan con las utilizadas por la industria (alimentos no saludables), para lo cual se requiere de la participación de equipos multidisciplinarios de profesionales de la salud, adecuadamente capacitados, que coordinen esfuerzos para el desarrollo de esta tarea(13, 14).

Para lograr este propósito es necesario consumir una alimentación adecuada, realizar ejercicio físico y establecer un estilo de vida activo. En la mayoría de las ocasiones es necesario realizar cambios muy importantes dentro de la familia, los niños tienden a imitar el comportamiento de sus padres y, por consiguiente, reproducen sus hábitos alimenticios y no lo que se les intenta inculcar.

A continuación se enlistan algunas recomendaciones que a nivel individual, las personas pueden llevar a cabo para prevenir la aparición de la obesidad. (15, 16,17)

- Aumentar la actividad física (al menos 30 minutos de actividad regular, de intensidad moderada, la mayoría de los días), para reducir el peso será necesaria una mayor actividad. Las personas que mantienen unos niveles razonables de actividad, especialmente en la edad adulta y en la vejez, tienen una menor probabilidad de padecer enfermedades crónicas o una

muerte prematura.

• Evitar el uso exagerado del automóvil. Si recorre distancias cortas, camine.

• Comer regularmente sin saltarse ninguna comida. Se recomienda hacer 5 comidas moderadas al día: Desayuno, colación de media mañana, comida, colación de media tarde y cena, de tal forma que el estómago este el menor tiempo vacío y de esta forma sentir menos ansiedad.

• Reducir la ingesta de calorías procedentes de las grasas y cambiar el consumo de las grasas saturadas al de grasas insaturadas.

• Aumentar el consumo de frutas y verduras de temporada, legumbres, granos integrales y frutos secos.

• Reducir la ingesta de azúcares. Evitar consumir botanas y alimentos con un alto contenido calórico (procedente principalmente de azúcares refinadas y grasas saturadas) como son la pastelería, helados, bollerías, fritos, comida rápida, bebidas azucaradas y gaseosas, embutidos, carnes grasas, mantequillas, etc.

• Tomar mucha agua, al menos 2 litros al día.

CONCLUSIONES

A pesar de vivir en una sociedad en la que el culto a la delgadez es prioritario, la obesidad ha dejado de ser desde hace tiempo un problema exclusivamente estético y es considerada actualmente como una enfermedad crónica. El sobrepeso y la obesidad aparecen en forma alarmante en edades cada vez más tempranas, situación que demanda por parte de la sociedad sonorense en general estrategias que incluyan actividades preventivas y de control, las cuales deben enfocarse a reducir la exposición a factores del medio ambiente (tipo de alimentación, sedentarismo, etcétera) que favorecen el desarrollo de esta enfermedad, ya que para desarrollar la obesidad es necesario el efecto combinado de la predisposición genética a este trastorno y la exposición a condiciones ambientales adversas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) Country statistical profiles 2010: Mexico. Material disponible en: http://wwwstats.oecd.org/index.aspx?queryid=23092

2. Villa, A. R., Escobedo, M. H., Méndez-Sánchez, N., Estimación y proyección de la prevalencia de obesidad en México a través de la mortalidad por enfermedades asociadas, Gaceta Médica Mexicana, 2004, Vol.140, Supl No.

3. Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, 2006. Cuernavaca Morelos. Material disponible en línea en: http:/insp.mx/ensanut/

4. Colomer R. Julia, Prevención de la Obesidad Infantil, Previnfad (AEPap) infancia y adolescencia [revista en la Internet]. 2004. Material disponible en: http.www.aepap.org/previnfad/pdfs/previnfad_obesidad.pdf

5. Must A. Morbidity and mortality associated with elevated body weight in children and adolescent. Am J Clin Nutr 1996; 63(3): 445S-447S

6. Barceló A. M., Borroto D. G. Estilo de vida: factor culminante en la aparición y el tratamiento de la obesidad. Rev Cubana Invest Bioméd [revista en Internet]. 2001 material disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid

7. Sandoval G. S. A, Domínguez I. S. y Cabrera M. A. De golosos y tragones están llenos los panteones: cultura y riesgo alimentario en Sonora. [revista en internet]. 2009, vol.17, n.spe, pp. 149-179. ISSN 0188-4557.

8. Jardines R.P., M.C. Bermúdez, P. Wong y G. León Platillos típicos consumidos en Sonora: regionalización y aporte de nutrientes, Archivos Latinoamericanos de Nutrición 1985; vol. XXXV, no. 4, pp. 586-602

9. Ortega V. M. I. La Dieta Sonorense. Instituto de Educación Sonora- Arizona. [revista en Internet]. Material disponible en: http. www.iesa.gob.mx/sonarida/22/dieta-sonorense.htm

10. Córdova-Villalobos J. A., Sobrepeso y obesidad, problemas de salud pública en México, Cirugía y cirujanos, Academia Mexicana de Cirugía. 2009, Vol. 77 (6), Pp. 421-422.

11. García S. P., Martínez M. J. Técnicas de alimentación y Nutrición Aplicadas. Alfaomega Grupo Editor, México, D. F. 2007.

12. Cárdenas V. V., Lerma C. R., Rizo B. M M., Durán L. M. R. Factores Asociados a la Obesidad en Niños y Adolescentes Mexicanos. Desarrollo Científico de Enfermería, 2007; 15(10): 431-435

13. García, G, E., et al. La obesidad y el síndrome metabólico como problema de salud pública: una reflexión. Revista de Salud pública, México. 2008, vol.50, (6), Pp. 530-547.

14. Richard Visser., Plan de acción holístico contra el sobrepeso y la obesidad en niños en Aruba, Revista Cubana Salud Pública, 2005; 31(4)

15. Ponce, S. S., Nutrición, sobrepeso y obesidad: algunas consideraciones desde la perspectiva de la salud pública, Revista Universidad de Sonora, Núm. 22, 2008, pp. 7-10.

16. Mataix, V. J., "Tratado de Nutrición y Alimentación", Vol. 2, 2009. Editorial Oceano/ergon. Pp. 1236-1237.

17. Organización Mundial de la Salud. Obesidad y Sobrepeso. Material disponible en línea en: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/index.html



INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

RAÚL GARCÍA LLAMAS

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida. La mayor parte del agua que se utiliza para consumo humano se extrae de acuíferos y de ahí la importancia del estudio de las aguas dentro del subsuelo. Científicamente, el campo de la hidrología de las aguas subterráneas es diverso e incluye especializaciones en la interacción entre las aguas superficiales y subterráneas, ecohidrología, hidrogeoquímica, hidromicrobiología, hidrología de la contaminación, modelación de las aguas subterráneas, e hidrogeofísica.
En este artículo se analiza, de manera somera, los conceptos relacionados con la física de las aguas subterráneas, intenta dar solo una breve introducción a la importancia de la física de las aguas subterráneas, y no puede capturar todos los aspectos de tal disciplina tan amplia y compleja.

DR. RAÚL GARCÍA LLAMAS
Departamento de Investigación en Física
Universidad de Sonora,
Correo: ragal@cajeme.cifus.uson.mx

DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

La molécula formada por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno conforma la denominada molécula de agua. El término agua se refiere a millones de moléculas de agua en su fase líquida. En su fase sólida se le llama hielo y en su fase gaseosa vapor de agua.

El agua es un recurso muy abundante en nuestro planeta, basta recodar que los océanos cubren el 71 % de la superficie terrestre. El agua de mar representa el 96.50 % del total del agua en la tierra. A los glaciares y los casquetes polares le corresponde aproximadamente el 1.74 %. Los depósitos subterráneos, los permafrost y los glaciares continentales contienen el 1.72 %. Mientras que lagos, presas, ríos, la humedad del suelo, el vapor atmosférico, plantas y animales solo contienen 0.04 % [1]. No parece haber fuentes confiables para determinar estos porcentajes por país. En Hermosillo, el agua disponible proviene completamente de las aguas subterráneas y son necesarios 380 mil metros cúbicos diarios.

Desafortunadamente la mayoría del agua disponible de manera natural, así como el agua pura no es apta para el consumo de los seres vivos. Casi toda el agua contiene materiales dañinos para los animales y las plantas. Esto se debe a la gran capacidad del agua de disolver otras sustancias presentes en la naturaleza. Por tanto, el agua dulce disponible, en teoría, es menor que el 1 % y corresponde principalmente a los depósitos subterráneos. El 60 % del agua potable a nivel mundial proviene de las aguas subterráneas. Así la hidrología de las aguas subterráneas es una rama de la física necesaria en la toma de decisiones para el manejo de las aguas subterráneas, para el uso municipal, doméstico, agrícola e industrial; para la remediación de fuentes afectadas por la contaminación, y para su protección de futuras contaminaciones. Desde hace ya más de 13 años toneladas de basura altamente tóxica fueron abandonadas en el CYTRAR Hermosillo y hacemos poco para determinar el impacto negativo que ha tenido.

Científicamente, el campo de la hidrología de las aguas subterráneas es diverso e incluye especializaciones en la interacción entre las aguas superficiales y subterráneas, ecohidrología, hidrogeoquímica, hidromicrobiología, hidrología de la contaminación, modelación de las aguas subterráneas, e hidrogeofísica.

Este artículo, intenta dar sólo una breve introducción a la importancia de la física de las aguas subterráneas, y no puede capturar todos los aspectos de tal disciplina tan amplia y compleja.

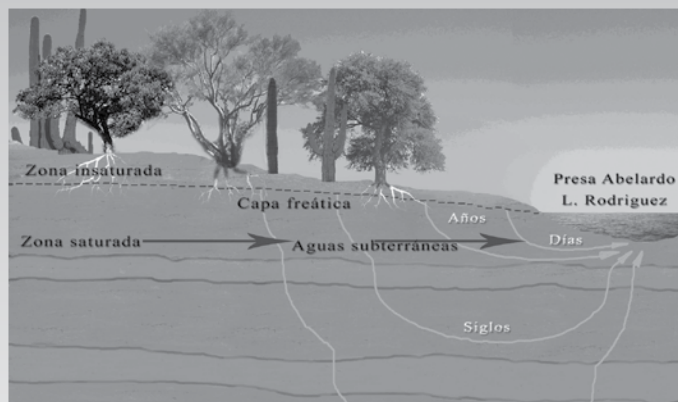


Figura 1. Esquema de las aguas subterráneas. Debajo de la superficie se encuentra primero la zona no-saturada y luego la zona saturada.

ALGUNAS DEFINICIONES

La hidrología de las aguas subterráneas es el estudio del agua dentro de la superficie terrestre. Tal agua se encuentra en los espacios vacios dentro de materiales porosos que pueden ser arena y arenisca, en materia de finos granos tales como arcilla, y en las fracturas de piedra caliza y roca como el granito. Estrictamente hablando, las aguas subterráneas, como se muestra en la figura 1, se encuentra en la zona saturada debajo de la tabla o espejo de agua (curva punteada en la figura), donde todos los espacios vacios están llenos de agua. Tradicionalmente y en este artículo, el término aguas subterráneas se refiere sólo a aquellas que se encuentran en la zona saturada debajo de la tabla de agua (superficie que divide la zona satura y la no saturada) donde fluye bajo presión de poro más grande que la presión atmosférica.

Un acuífero, el tipo primario de reserva de agua subterránea, es un cuerpo de material poroso, ya sea roca fundida o materiales no fundidos tales como arena y grava, que lleva considerable cantidades de agua a pozos y afloramientos. La definición restringe a los acuíferos a materiales completamente saturados, pero en otro sentido es vago e insatisfactorio porque la cantidad de agua que es considerada significativa es subjetiva. Por ejemplo, un particular cuerpo de material poroso podría ser un acuífero para uso doméstico pero no para una alta necesidad industrial.

LEY FUNDAMENTAL

En 1856, Henry Darcy publicó un reporte extenso titulado Les Fontaines Publiques de la Ville de Dillon. En uno de los ocho apéndices, él presentó una ecuación inferida de los resultados de sus experimentos sobre columnas de 2.5 metros de largo. La publicación de esa ecuación, ahora llamada la Ley de Darcy, marca el comienzo de la hidrología de las aguas subterráneas como una ciencia cuantitativa.



En esta ecuación, ver Ecuación (1), aparece la cabeza de agua, denotada por la letra h, y que es una medida de la energía potencial de las aguas subterráneas. La energía potencial por unidad de masa de las aguas subterráneas es igual a gh, donde g la aceleración debido a la gravedad. La cabeza h es la suma de la cabeza de elevación z, la cual es una medida de la energía potencial gravitacional, y la cabeza de presión hp, el cual es una medida de la energía potencial debido a la presión de poro. La cabeza es medida en el campo como el aumento del nivel del agua en un pozo de observación; un arreglo tridimensional de cabezas define un campo de potencial y determina la dirección del flujo de las aguas subterránea. Darcy reconoció que el agua fluye de cabezas altas a bajas, pero la comprensión de que cabezas es un potencial no fue comprendida hasta 1940, cuando el geofísico M. King Hubbert publicó un artículo clásico [2] sobre la teoría del flujo de aguas subterráneas. Luego en 1956 Hubbert [3] demostró que la Ley de Darcy puede ser derivada como un caso especial de las ecuaciones de Navier-Stoke [4].

La razón a la cual el agua fluye a través de un medio poroso está dada por la conductividad hidráulica K. La conductividad hidráulica, desde el punto de vista matemático, es una matriz simétrica de dimensión 3x3, la cual permite tomar en cuenta la anisotropía del medio poroso. Esto último significa que el agua puede fluir con diferentes velocidades en diferentes direcciones dentro del medio poroso. La conductividad hidráulica depende de la viscosidad y la densidad del agua y de la propiedades del medio poroso; la permeabilidad k un parámetro que describe las propiedades de transmisión del medio independiente del fluido.

Los valores de la conductividad hidráulica varían desde 360 m/h, para gravilla, hasta 0.036 x 10-9 m/h = 0.036 nm/h para roca no fracturada.

Las leyes de Fourier (Conducción de calor), de Ohms (Conducción de carga) y Ficks (conducción de solutos) no solamente son análogos de la Ley de Darcy, sino que cada una es también importante al resolver problemas de las aguas subterráneas. Las leyes de Darcy, Fourier and Ficks, junto con el principio de la conservación de la masa, permiten la derivación de las ecuaciones gobernantes que describen el flujo de aguas subterráneas, transporte de solutos, y transporte de calor en materiales poroso. Esas ecuaciones están acopladas en modelos matemáticos para simular el transporte de calor y solutos en las cambiantes aguas subterráneas. Códigos de computadora proporcionan soluciones numéricas a problemas de modelos complejos de ingeniería que encierran aprovisionamiento de agua y la remediación de acuíferos contaminados.

$$\vec{q} = -K\nabla h$$

FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Cuando la Ley de Darcy se aplica a problemas de escala macroscópica, el flujo q promedia variaciones en velocidad que ocurre a medidas que las aguas fluye en trayectorias no-rectas determinada por el espacio de poro en los materiales porosos.

La relación lineal entre la gradiente de cabeza y el flujo dado por la ley de Darcy se satisfacen para la mayoría de las velocidades que ocurren en sistema de aguas subterráneas, pero ellas se rompe a altas velocidades. Por lo tanto, la aplicabilidad de la Ley de Darcy a tales velocidades permanece como una hipótesis no probada.

Aunque la Ley de Darcy es válida bajo condiciones transitorias, el análisis transitorio requiere un parámetro de almacenaje, llamado almacenaje específico, para cuantificar la razón de captura (liberación) de agua dentro (fuera) del almacén formado dentro del espacio de poro o en fracturas del medio poroso. El descubrimiento de la física de almacenaje y el desarrollo de una formulación matemática para el término del almacén ocurrió sobre un periodo extendido, principalmente entre 1928 y 1969, con investigadores relacionados con la mecánica de suelos y teoría poroelástica.

En su forma más simple, la ecuación gobernante para el flujo de aguas subterráneas se reduce a la ecuación de Laplace [5], la cual representa el flujo de un acuífero homogéneo e isotrópico en condiciones estacionarias.



Que la ecuación de Laplace pueda ser usada para resolver el flujo de aguas subterráneas fue reconocida inmediatamente después de la publicación de la ley de Darcy, pero no fue hasta mucho más tarde que modelos matemáticos fueron aplicados en la hidrología de las aguas subterráneas.

La puerta para la modelación matemática del flujo de aguas subterráneas fue abierta en 1935 por Charles V. Theis, quien adaptó una solución analítica de la literatura del flujo de calor para describir el flujo transitorio a un pozo de bombeo [6]. El trabajo de Theis revolucionó la hidrología de las aguas subterráneas y condujo a una lluvia de artículos por otros investigadores sobre soluciones analíticas para describir el flujo a pozos bajo una variedad de condiciones hidráulicas.

RETOS FUTUROS

Este artículo ha tocado solo unos cuantos aspectos de la física básica de la hidrología de aguas subterráneas, un campo diverso y complejo concentrado en problemas prácticos y preguntas científicas fundamentales. El futuro de la hidrología fue discutida recientemente en un volumen especial de la Revista de Hidrogeología [7]. Unos de los puntos de debate es sí el campo está maduro con la mayoría de los paradigmas básicos resueltos, o sí mucha más preguntas fundamentales permanecen. Ciertamente, la física básica del flujo de aguas subterráneas, y el transporte de calor y solutos en el subsuelo es entendido, aunque algunos detalles de esos procesos permanecen desconocidos. Soluciones analíticas y numéricas a las ecuaciones gobernantes están disponibles, y nuevas soluciones analíticas y numéricas mejoradas continúan siendo desarrollada por nuevos y más complejos problemas. Nuevas herramientas encerrando isótopos y sensoria remota tales como imagen basada en satélites InSAR (Radar de apertura sintética interferometrico) facilitará el estudio de procesos de aguas subterráneas en nuevas formas y probablemente generará nuevas preguntas. En la Universidad de Sonora ha surgido la idea de usar sonda de ondas corta de radio en conjunto con soluciones a las ecuaciones de la electrodinámica clásica y usando el método de las diferencia finitas en el dominio del tiempo (FDTD) para "medir" el espejo de agua sin necesidad de abrir un pozo de estudio. Estos resultados serán mostrados en otros artículos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Guerrero, M. L., El Agua, Fondo de Cultura Económica, 2006.

2. Hubbert, M. K., 1940, The theory of ground-water motion, Journal of Geology 48, 785–943.

3. Hubbert, M. K., 1956, Darcy's law and the field equations of the flow of underground fluids: Transactions AIME, v. 207, p. 222-239.

4. Landau, L. D. y Lifshitz, Fluid Mechanics, Pergamon Press (1987)

5. Arken, G., Mathematical Method for Physicists, Academic Press (1970).

6. Theis, C.V. 1935, The relation between the lowering of the piezometric surface and rate and duration of discharge of a well using ground water storage. Transactions of the American Geophysical Union 16, 519–524.

7. Special issue, "The future of the Hydrogeology", Hydrogeol. J. 13, (2005).



NOTI-INGENIO

TALLER INTERNACIONAL DE BIODIVERSIDAD PARA BIOCOMBUSTIBLES Y BIODIÉSEL EN ZONAS ÁRIDAS.



La búsqueda de nueva tecnologías y alternativas para desarrollar biocombustibles que sustituyan a los combustibles tradicionales reunión a investigadores de varios países en el Primer Taller Internacional de Biodiversidad para Biocombustibles y Biodiésel en Zonas Áridas.

El evento se realizó del 18 al 20 de octubre fue inaugurado por el rector Heriberto Grijalva Monteverde, quien destacó la función y responsabilidad de los investigadores universitarios en la búsqueda de alternativas para la solución de los problemas que enfrenta la sociedad.

Dijo que el tema de la generación de biocombustibles es de alta prioridad debido a las secuelas que el cambio climático está dejando en el mundo y la necesidad de cuidar las riquezas naturales y el mismo entorno ecológico.

Las políticas para el desarrollo sustentable de biocombustibles deben ser de acuerdo a cada región y no de manera global, declaró la doctora en Ambiente Rocío Díaz Chávez, académica de la Universidad de Gales, en Aberystwyth, Reino Unido.

Afirmó que los biocombustibles en las zonas áridas de México podrían ser una gran alternativa al proyecto de la integración no sólo para transporte, sino también en la generación de energía eléctrica y el mejoramiento de zonas rurales.

AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN DE DINOSAURIOS EN SONORA







Desde el mes de enero de 2010 se están investigando los registros fósiles de Dinosaurios en Sonora, a la fecha se han descubierto 22 huellas ó pisadas de tres dinosaurios en el mismo sitio geográfico. A 20 kilómetros de distancia, se han recolectado huesos premineralizados de estos organismos, convirtiendo a la región noroeste del Estado en una de las más importantes del país. La excavación de los huesos comprende un área de 10 por 10 metros en donde se presume que se tiene un dinosaurio completo. A la fecha se han extraído: fémures, costillas, vertebras, pelvis, clavículas y últimamente un cráneo. También se han localizado otros sitios aledaños lo que estimula la continuación de trabajos a detalle. En la visita que realizo René Hernández, experto en dinosaurios en el mes de octubre, encontró un diente de un carnívoro, al parecer de Tiranosaurio Rex, y dientes con mandíbula de un hadrosaurio, de los conocidos como Pico de Pato. El equipo de apoyo del municipio de Fronteras: Perla y Tito, han realizado un excelente trabajo en el laboratorio de curado, lo que ha permitido poner el material recolectado en exhibición en un pequeño museo a nivel rustico, para que los niños, jóvenes y público en general, puedan apreciar los resultados de la investigación que han realizado investigadores de la Universidad de Sonora y del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Desgraciadamente el lugar no cuenta con las condiciones mínimas de seguridad, ni vigilancia pues ha habido robos de material y si a esto se le agrega el escaso apoyo que se ha tenido por parte de las autoridades gubernamentales, la situación se complica. El Ing. Rafael Pacheco, integrante del grupo de investigación, hace un llamado a las dependencias de gobierno: INAH, SEMANAT, Gobierno del Estado, a través de la Secretaría de Educación Pública, la de Turismo y Desarrollo Municipal, a los empresarios y a los diferentes sectores de la sociedad, para que, juntos, se impulse un proyecto de desarrollo regional, de investigación, educación, cultura. Se propone la creación de un corredor turístico regional para que se conozcan los dinosaurios sonorenses, construir un Museo de Dinosaurios e Historia Natural, construir un Museo de Sito en las huellas y ligarlo a los programas educativos y culturales del estado de Sonora. Ejemplos exitosos de este tipo de proyectos que son ampliamente conocidos como el Museo del Desierto en Saltillo, Coahuila, entre otros. Mayor información y fotos: http://divulgaciónciencia.blogspot.com.

SERÁ EN MAYO DE 2011 LA EDICIÓN XLIII DEL CONCURSO REGIONAL DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS

De igual manera a como se ha realizado ya por más de cuarenta años, los Departamentos de Física y Matemáticas de la Universidad de Sonora realizarán, la primera semana del mes de mayo de 2011, el XLIII Concurso Regional de Física y Matemáticas. En esta ocasión, la sede del concurso será el Departamento de Matemáticas.

La convocatoria a este evento aparecerá los primeros días del mes de enero y en ella se invitará a los estudiantes de bachillerato de los estados de la región noroeste del país, Baja California Sur, Baja California, Sinaloa, Chihuahua y por supuesto, Sonora, a registrase y participar en alguna o varias de las modalidades del concurso: Regional de Matemáticas; Regional de Física; y, Preselectivo de Física. Este último, es el concurso por medio del cual se integra la Preselección Olímpica de entre cuyos miembros sale la Delegación de Sonora a la Olimpiada Nacional de Física.

Los concursos regionales consisten de dos exámenes escritos con carácter selectivo y un examen oral para los cinco los finalistas. Se premiará a los ganadores con: 1er lugar - $6,000 y Diploma; 2do lugar- $4,000 y Diploma; 3er lugar- $2,000 y Diploma; 4to lugar- $1,000 y Diploma; y, 5to lugar- $1,000 y Diploma.

A los interesados se les invita a estar pendientes de la Convocatoria en las páginas del concurso en:
http://paginas.fisica.uson.mx/concurso.regional/ o
http://concurso.mat.uson.mx/;



También, pueden comunicarse al teléfono (662) 259-2151 del Departamento de Matemáticas o al (662) 259-2108 del Departamento de Física. Por correo electrónico pueden dirigirse a Dr Raúl Pérez-Enríquez, concurso.regional@correo.fisica.uson.mx.

PREMIO NACIONAL AL MERITO PROFESIONAL 2010



El Dr. Gerardo Álvarez Hernández, Maestro de Tiempo Completo del Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud, fue galardonado con el Premio Nacional al Merito Profesional 2010. Este premio es otorgado por la Secretaria de Salud a profesionales médicos y paramédicos cuyas aportaciones en favor de la salud y los méritos profesionales y académicos hayan sido relevantes para avanzar el entendimiento de diversos problemas de salud.

El Dr. Álvarez ha laborado por 18 años en programas de epidemiología y salud pública y tiene más de 10 años de experiencia docente en bioestadística, epidemiología, salud pública y metodología de investigación en programas de licenciatura y posgrado. Uno de sus intereses académicos se centra en el estudio de determinantes sociales y cómo es que estos pueden explicar las condiciones de salud de los individuos y poblaciones. Este enfoque se circunscribe en el área de epidemiologia social, y constituye una herramienta valiosa para comprender de mejor modo los diversos problemas de salud. En su opinión, este enfoque enriquece la visión médica y contribuye a formar profesionales médicos con mayor compromiso social, uno de los propósitos que busca cumplir el Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Sonora. Para el Dr. Álvarez, el estudio de los determinantes sociales contribuirá positivamente para mejorar las condiciones de salud de las poblaciones humanas, particularmente las de esta región del país.





EL EFECTO DOPPLER Y LA BARRERA DEL SONIDO

EMILIANO SALINAS COVARRUBIAS,
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, UNIVERSIDAD DE SONORA, MÉXICO

BREVIARIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

El Efecto Doppler fue descubierto por el físico y matemático austríaco Christian Andreas Doppler a mediados del siglo XIX, y tiene varias aplicaciones tecnológicas. Este efecto se presenta, en ciertas situaciones, en los movimientos ondulatorios tales como ondas de sonido y ondas electromagnéticas, como la luz.

En las ondas del sonido a menudo lo percibimos cuando una ambulancia con la sirena encendida se acerca a nosotros y luego cuando se aleja. Cuando se acerca oímos el sonido más agudo (mayor frecuencia) y cuando se aleja lo oímos más grave (menor frecuencia). A este cambio de frecuencia, debido al movimiento de la fuente que emite las ondas sonoras (pudiera la fuente estar en reposo y el receptor en movimiento) se denomina Efecto Doppler.

En el primer caso, la fuente que emite las ondas sonoras se acerca y los frentes de onda se "comprimen" aumentando la frecuencia con que llegan a nuestro oído y en el segundo caso, al alejarse la fuente de sonido, los frentes de onda se separan disminuyendo la frecuencia con que llegan a nuestro oído.

En el caso de la luz ocurre lo mismo: cuando se acerca al receptor una fuente luminosa, aumenta su frecuencia original lo que se llama corrimiento hacia el azul puesto que se acerca al extremo de las altas frecuencias (azul) del espectro del color y cuando la frecuencia disminuye, al alejarse la fuente luminosa, se denomina corrimiento hacia el rojo.

Por ejemplo, se puede calcular la velocidad con que se alejan las galaxias midiendo el corrimiento hacia el rojo en la luz que emiten, y así también la velocidad con que gira una estrella, midiendo el corrimiento hacia le rojo del lado que se aleja de nosotros y un relativo corrimiento hacia el azul, del lado que se acerca.

También se utiliza el efecto Doppler para conocer la velocidad de objetos, tales como carros, aviones; de tormentas e incluso de pelotas de beisbol. Esto se hace enviando una onda de radar y midiendo el cambio en la frecuencia de la onda reflejada en el objeto.

Con ultrasonido y con el efecto Doppler se detecta el movimiento de la sangre en los vasos sanguíneos del feto dentro del útero de una mujer.

BARRERAS DE ONDAS

Cuando la fuente de las ondas se mueve a la velocidad de propagación de las ondas que produce, éstas se apilan o superponen delante de ella formando una barrera de ondas que dificultan su movimiento. Por ejemplo un avión que vuela a la velocidad del sonido encuentra ondas superpuestas, creando una barrera de aire comprimido a lo largo de sus bordes de ataque que sólo con un considerable empuje logrará romper.

Una vez que el avión logra cruzar esa barrera, se moverá con una velocidad supersónica y ya podrá acelerar más fácilmente. Cuando esto sucede el avión se adelanta a las ondas que produce, las cuales parecen ser arrastradas detrás de él, ampliándose al superponerse y formando un cono.

ONDAS DE CHOQUE

En el caso de un avión supersónico la onda cónica, que se llama onda de choque, se extiende hasta alcanzar el suelo siempre precedida por el avión mismo, es decir, la onda de choque la oímos en tierra no cuando se rompe la barrera del sonido, sino cuando nos alcanza la onda de choque después de que ha pasado el avión. Esta onda de choque llega a nuestros oídos como un crujido penetrante al que se le denomina estampido sónico, que se forma por la compresión del aire por la proa del avión y la descompresión en su cola, o sea que, la presión del aire se eleva muy por arriba de la presión atmosférica para luego descender por debajo de ésta, para luego regresar bruscamente a la normalidad.

La relación entre la velocidad de la fuente y la velocidad del sonido en el medio donde se propaga se llama número de Mach (vfuente/vsonido), donde vsonido= 1224 km/h en el aire. Cuando la fuente se mueve a la velocidad del sonido, se dice que se mueve a Mach 1, si se mueve al doble se moverá a Mach 2, etcétera.

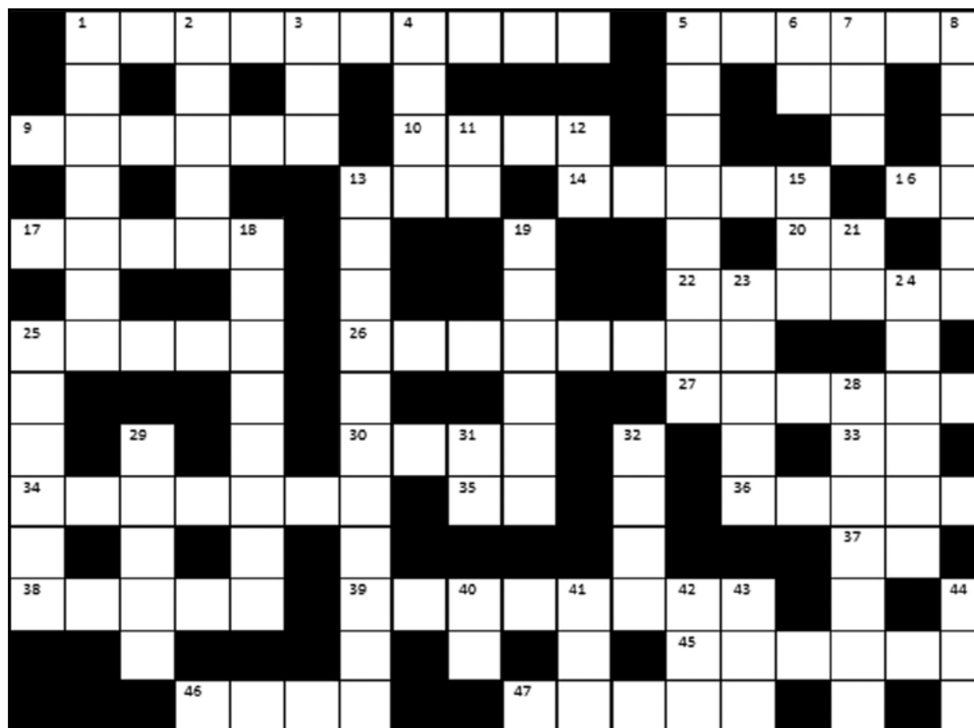
Es importante destacar que la onda de choque se presenta no sólo cuando se rompe la barrera del sonido, sino que es continua mientras el movimiento de la fuente sea supersónico, y no se produce por el ruido de los motores del avión sino por su movimiento a través del aire. Es el caso del chasquido de la punta de un látigo o de una bala, que es debido a su movimiento supersónico y no porque sean fuentes sonoras (que no lo son).

Además de los fenómenos aquí descritos las ondas de choque también se presentan en otros fenómenos ondulatorios, por ejemplo, en el caso de partículas cargadas eléctricamente, como electrones y protones, que viajan por la materia a velocidades superiores a la de la luz en el medio. Este tipo de ondas de choque (llamada radiación Cherenkov) se observa en los reactores nucleares que utilizan agua como escudo de radiación.

C I E N T I G R A M A

Demuestra y afianza tu cultura científica y tecnológica aceptando el reto de resolver el siguiente crucigrama. Solución abajo en esta página.

EMILIANO SALINAS COVARRUBIAS
Departamento de Física
esalinas@fisica.uson.mx



HORIZONTALES

1) Regulador automático de temperatura.
5) Lugar geométrico de los puntos cuya suma de sus distancias a dos puntos fijos, llamados focos, es constante.
9) Elemento químico muy denso cuyo símbolo es Ir.
10) Sonido determinado por una vibración cuya frecuencia fundamental es constante.
13) Abreviatura de tonelada.
14) Cuarto planeta a partir de nuestro sol.
16) Sistema Internacional de unidades.
17) Hecha de sílice o de plástico, se usa para transmitir información ópticamente.
21) Símbolo químico del radio.
22) Cuarto estado de la materia, consiste de una colección de partículas libres cargadas eléctricamente.
25) Referente al aire.
26 En física, rapidez con que se hace un trabajo.
27) Escritor de origen ruso de ciencia ficción.
30) Valor que puede tener la incógnita de una ecuación.
33) Símbolo químico del polonio (invertido).
34) Capacidad de un sistema para hacer trabajo.
35) Símbolo químico del bario.
36) Elemento químico radiactivo, descubierto en 1898 por Pierre y Marie Curie, cuya símbolo es Ra.
37) Símbolo químico de oro (invertido).
38) Unidad de inducción magnética del Sistema Internacional.
39) Totalidad de los cuerpos celestes, del espacio que los separa y del tiempo.
45) En música, el intervalo que separa dos sonidos cuyas frecuencias fundamentales tienen una relación de dos a uno.
46) Satélite natural de la tierra.
47) Unidad de trabajo y energía en el Sistema Internacional de unidades.

VERTICALES

1) Superficie de revolución generada por una curva plana cerrada que gira alrededor de un eje externo situado en su mismo plano.
2) Sistema que emite y recibe ondas electromagnéticas para medir distancias, velocidades, etcétera, de objetos estáticos o móviles.
3) Detector de la luz, de los animales.
4) Cualidad del sonido que permite distinguir los sonidos graves de los agudos.
5) Medida del desorden de un sistema.
6) Símbolo químico del indio.
7) Unidad de longitud del sistema inglés de unidades.
8) Cada una de las vueltas de una hélice o espiral.
11) Símbolo químico del elemento nobelio (invertido).
12) Símbolo químico del americio.
13) Medida de la energía cinética promedio por molécula de un [illegible]o.
15) La mayor división del tiempo geológico.
18) Discurso en defensa o alabanza de personas o cosas.
19) Magnitud vectorial que al actuar sobre un cuerpo le produce una aceleración.
22) Símbolo químico del arsénico.
23) Dispositivo que produce una intensa radiación luminosa monocromática y coherente.
24) Defecto del ojo en que la imagen no se forma en la retina, sino antes.
25) Nombre de Einstein
28) Modificar la amplitud o la frecuencia de las ondas electromagnéticas para su mejor transmisión y recepción.
29) Compacto, contiene mucha masa en relación con su volumen.
31) Símbolo del bismuto (invertido).
32) Fluido hipotético, invisible, que se suponía llenaba todo el espacio.
40) Símbolo químico del níquel (invertido).
41) Repetición de un sonido producida por la reflexión de las ondas sonoras.
42) Estrella, centro de nuestro sistema solar.
43) Repetición de un sonido producida por la reflexión de las ondas sonoras (invertido).
44) Estado de la materia que se caracteriza por una gran separación y movilidad de sus moléculas.

SOLUCIÓN CIENTIGRAMA

